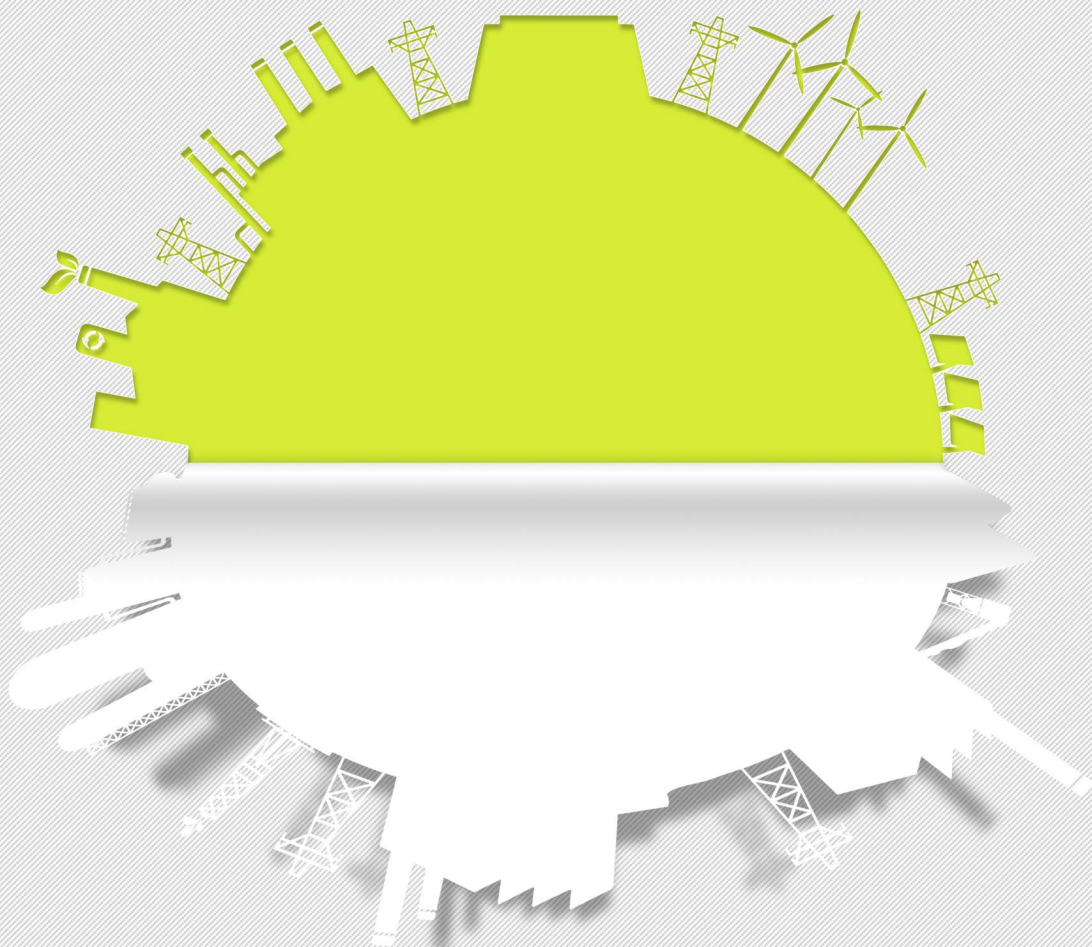


Eficiencia Energética en Empresas del Sector Agroalimentario

2

AGENCIA EXTREMEÑA DE LA ENERGÍA



Edita:

Agencia Extremeña de la Energía.

Elabora:

Agencia Extremeña de la Energía.

Autores:

Pedro Manuel Martínez Ruíz. Técnico Dpto. Eficiencia Energética AGENEX

Juan Manuel Cosme Moñino. Técnico Dpto. Energías Renovables AGENEX

Revisión:

Cosme Segador Vegas. Coordinador Técnico y Jefe Dpto. Dpto. Energías Renovables AGENEX

Dep. Legal:

Agencia Extremeña de la Energía.

Maquetación e impresión:

Agencia Extremeña de la Energía.

Año de Edición:

2014.

Presentación

El proyecto ALTERCEXA II, aprobado en el marco de la primera convocatoria del Programa Operativo de Cooperación Territorial Transfronteriza España-Portugal (2007- 2013), tiene como objetivo identificar, analizar, evaluar y aprovechar los recursos energéticos disponibles y mejorar su uso en las regiones de Centro, Alentejo y Extremadura, con el fin de abordar conjuntamente problemáticas comunes de forma adecuada a través de la propuesta de soluciones innovadoras y eficaces.

La presente guía es una de las nueve publicaciones del proyecto que la Agencia Extremeña de la Energía ha editado con el fin de fomentar mejores técnicas e investigación en energías alternativas, eficiencia energética y promover la movilidad y el transporte sostenible.

Otras de las acciones de la agencia en ALTERCEXA II, pasan por la propuesta de soluciones de diseño y construcción de edificios públicos energéticamente eficientes, la creación de un software de gestión energética de edificios y diversas jornadas de divulgación sobre eficiencia energética y energías renovables.

AGENCIA EXTREMEÑA DE LA ENERGÍA

Índice

1. INTRODUCCIÓN.....	6
2. CONSUMO ENERGÉTICO EN LA AGROINDUSTRIA.....	9
3. PUNTO DE PARTIDA PARA UNA GESTIÓN EFICIENTE.....	18
3.1.- SISTEMA EFICIENTE DE GESTIÓN ENERGÉTICA.....	18
3.2.- SISTEMA EFICIENTE DE CONTABILIDAD	21
4. OPTIMIZACIÓN DE LA CONTRATACIÓN ENERGÉTICA.....	27
4.1.- ANÁLISIS DE LA CONTRATACIÓN	27
4.2.- OPTIMIZACIÓN DE LA CONTRATACIÓN DE COMBUSTIBLES.....	28
4.3.- OPTIMIZACIÓN DE LA CONTRATACIÓN DE ELECTRICIDAD	29
5. MEDIDAS DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	34
5.1.- TECNOLOGÍAS HORIZONTALES.....	34
5.2.- EQUIPOS DEL PROCESO.	63
6. RESULTADOS	77
7. BIBLIOGRAFÍA	78

1. Introducción

La industria agroalimentaria es excepcionalmente diversa. Por un lado, en relación con la materia prima básica del proceso de transformación que es muy variada como lo son cereales, frutas y hortalizas, carnes, aceites y grasas, bebidas alcohólicas, etc. Y por otro lado, incluyendo desde actividades de mínima transformación de las materias primas, hasta productos sofisticados de gran valor añadido.

Esta pluralidad puede verse reflejada en términos de tamaño y naturaleza de las empresas, amplitud de variedad de materias primas, productos y procesos y la amplia demanda de los consumidores que desean productos especializados, tradicionales, etc. Además, la industria también está condicionada por la economía local, la sociedad y las condiciones ambientales, junto con la extensa legislación europea, nacional, autonómica y local.

Las empresas agroalimentarias, a pesar de haber superado muchos de los problemas inherentes a su naturaleza y acercarse cada vez más a las empresas industriales, siguen mostrando marcadas diferencias que les hacen más vulnerables a la situación de un entorno global, por la dependencia de los procesos de producción de factores incontrolables, el carácter perecedero de la producción o la materia prima, o la existencia de políticas gubernamentales que pueden limitar procesos de producción rentables por la aplicación de medidas de política económica. Desde la incorporación de España a la Unión Europea, el sector agroalimentario ha experimentado importantes modificaciones de carácter estructural.

Factores como la concentración de la distribución basada en continuas uniones, fusiones y absorciones, la internacionalización y globalización de la distribución, o la importancia de la innovación en el sector, son, entre otros, elementos que están detrás de la actual situación del sector en España.

La Industria Agroalimentaria es el sector industrial líder en la Unión Europea en términos de producción con 536.151 millones de euros (cerca del 15% de la producción industrial total).

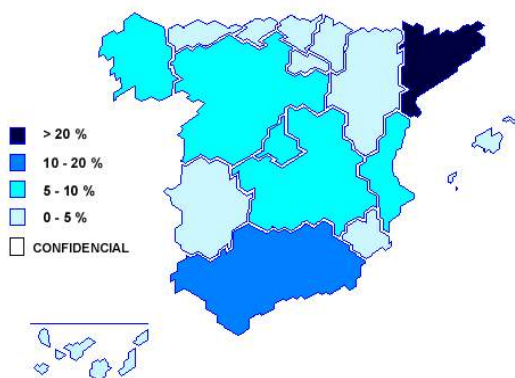


Figura 1.1. Porcentaje de miles de € generados de Productos Agroalimentarios por Comunidades Autónomas. Fuente: INE

España, dentro del conjunto de países integrados en la Unión Europea, se sitúa en una posición importante con 55.491 millones de euros de valor de producción por detrás de Alemania, Francia y Reino Unido y en términos similares a Italia. En términos de porcentaje de empleo queda situada también por detrás de estos mismos países; no obstante, las diferencias en este aspecto son menores que en producción, lo que refleja la importancia del sector agroalimentario en España.

Las empresas agroalimentarias extremeñas exportan fundamentalmente al mercado europeo, mercado prácticamente estancado, con precios a la baja y costes al alza. Además tienen una participación de capital extranjero, especialmente en las de mediana y gran dimensión y una productividad inferior a la media europea. Debido a la atomización de las empresas del sector, existen demasiados operadores, lo que es un verdadero obstáculo para su competitividad.

Ante lo anterior, el sector agroalimentario dispone de un potencial de ahorro estimado de los más altos, y dado que hasta el momento no ha sufrido grandes transformaciones en este sentido, estamos en un momento óptimo para actuar en los campos del Ahorro y la Eficiencia Energética, consiguiendo además una elevada mejora de la competitividad.



2. Consumo energético en la agroindustria

El consumo energético de las empresas industriales alcanzó la cifra de 9.682 millones de euros en el año 2009. Este dato supone un descenso del 11,8% respecto al registrado en 2007, último año en que se obtuvo este dato.

Los principales productos energéticos utilizados por las empresas industriales fueron la electricidad con un 54,2% del total, el gas con un 27% y los productos petrolíferos con un peso del 13,7%.

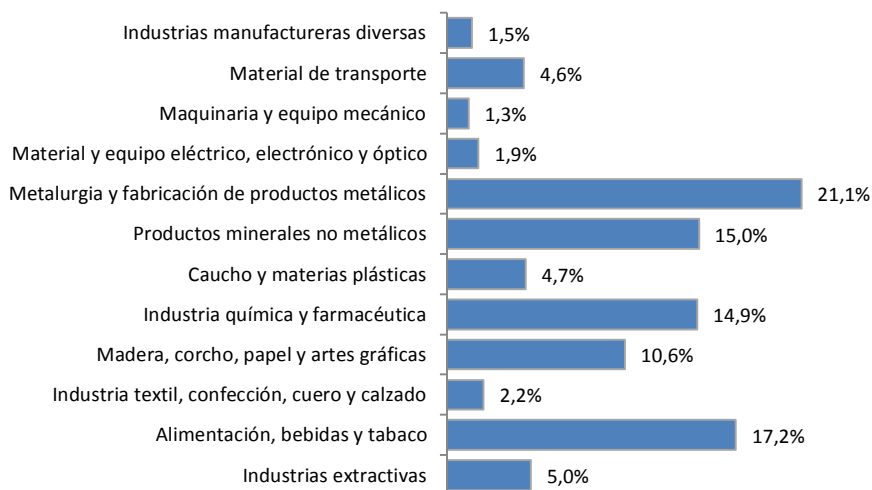
Tipo de Energía	Consumo energético (miles €)
Carbón y derivados	187.808
Gasóleo	868.948
Fueloil	320.889
Otros productos petrolíferos	140.741
Gas	2.610.574
Electricidad	5.245.388
Otros consumos energéticos	307.540
TOTAL	9.681.887

Tabla 2.1. Distribución de los consumos energéticos en la industria.

Fuente: INE

La rama de actividad con un mayor incremento en la cifra de consumos energéticos en el periodo 2007-2009 fue la de Alimentación, bebidas y tabaco, con un aumento del 11,2%, lo que implica una mayor actividad.

La agrupación de actividades de Alimentación, bebidas y tabaco fue la segunda agrupación de las que tuvieron un mayor consumo energético en el año 2009, detrás de la agrupación de Metalurgia y fabricación de productos metálicos y anterior a Productos minerales no metálicos diversos, como se aprecia en el gráfico siguiente:

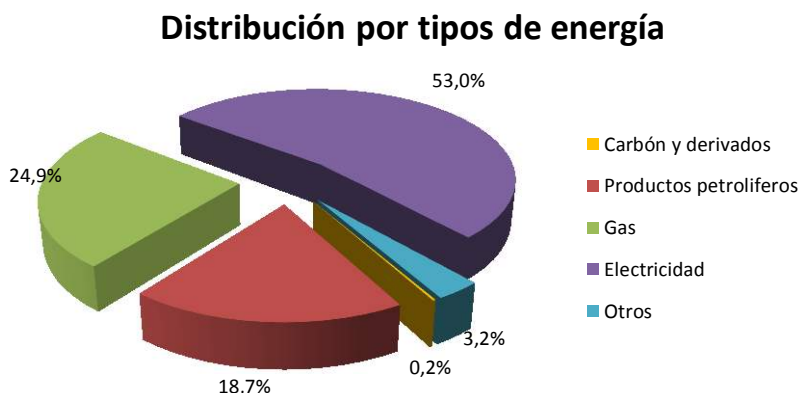


Gráfica 2.1. Distribución porcentual de los consumos energéticos por agrupaciones de actividad.

Fuente: INE

Respecto a la distribución por tipos de energía consumida en la agrupación de actividades de Alimentación, bebidas y tabaco, se obtiene el siguiente gráfico, con un consumo total de 1.662,94 millones de euros.

El gráfico nos muestra una gran dependencia del sector a la electricidad y al gas, siendo los dos tipos de energía más consumidos. Sin embargo, el carbón o los productos petrolíferos no tienen un peso tan elevado.



Gráfica 2.2. Distribución del consumo energético por tipo de energía.

Fuente: INE

La energía permite a las empresas alcanzar mayor productividad y mayor calidad en su producción. Sin embargo, la energía se debe cubrir mayoritariamente con importaciones a un elevado coste.

Por ello, el conocimiento de cómo la empresa contrata su energía, cómo la consume en sus procesos, cuánto repercute en sus costes, su posición relativa respecto a otras empresas similares y las posibles mejoras para disminuir el

coste energético, es la base para optimizar su funcionamiento y conseguir una mayor eficiencia energética.

La industria agroalimentaria es muy variada y abarca gran cantidad de procesos diferentes. Todos estos procesos están formados por una serie de operaciones que transforman la materia prima en un producto final elaborado.

La gran mayoría de estas operaciones, por no decir todas, precisan de un aporte de energía. A continuación se muestran las operaciones más comunes en el sector agroalimentario y los distintos aportes energéticos que se realizan.

Las industrias cárnicas son normalmente industrias transformadoras de pequeña dimensión, donde una gran parte de ellas realizan el ciclo completo (matadero, despiece, frío, secaderos y bodegas de añejamiento), aunque existe otros grupo de ellas donde los mataderos e industrias se hallan separados.

Dentro de las operaciones de los mataderos las mayores consumidoras de energía son el escaldado y depilado, en la que se aporta una cantidad de vapor para obtener una piel limpia del animal. En este proceso se consume aproximadamente 29 kWh/tonelada de carne tratada. A partir de aquí el mayor consumo es el generado por la conservación mediante sistemas frigoríficos. Sus consumos dependen de los tiempos de almacenamiento y distribución.

Respecto a los embutidos, una vez que se reciben los productos congelados del matadero se descongelan por aire caliente, para lo que se utiliza vapor; a continuación, se realizan operaciones de picado, amasado, embutido, estufaje y secado. Las dos últimas operaciones tienen consumo energético eléctrico.

La operación más importante desde el punto de vista de consumo energético es la operación de secado (curado). Una vez que se prepara el embutido se introduce en las cámaras de secado donde permanece durante un tiempo en unas condiciones determinadas de temperatura, humedad relativa y circulación de aire.

En relación con los consumos específicos de energía en el caso de los embutidos curados se puede establecer que el de energía térmica está en torno a 693 kWh/tonelada mientras que el de energía eléctrica es del orden de 566 kWh/tonelada.

Respecto a los jamones el proceso de curación consta de tres fases perfectamente diferenciadas: asentamiento o postsalado, sudado y maduración.

En los tres procesos es preciso mantener unos valores de temperatura y humedad determinados, en función de las necesidades de cada fase de curación que se consiguen mediante cámaras industriales capaces de abastecer en forma de frío y calor las condiciones exigidas en el interior de las cámaras manteniendo a su vez una distribución de aire en el interior que permita mantener una atmosfera constante y uniforme a lo largo de todo el proceso. La utilización de estas cámaras es la parte de mayor consumo energético del proceso.

En relación con los consumos específicos de energía en el caso de los jamones curados se puede establecer que el de energía térmica esta en torno a 500 kWh/tonelada mientras que el de energía eléctrica es del orden de 480 kWh/tonelada.

Otro de los sectores agroalimentarios de mayor peso es el sector lácteo quesero. Las industrias lácteas precisan del uso de la energía para desarrollar su actividad normal necesitando energía eléctrica para maquinaria y equipos y energía térmica para generar vapor y agua caliente.

Para la leche, el coste energético aproximado supone un 1,8% de media, mientras que para el queso supone un 2,3% de la producción bruta.

El consumo de energía térmica es mayor que el de energía eléctrica, tanto en la producción de queso como en la de leche. La fabricación de queso requiere más energía por tonelada que la de leche, debido a los consumos energéticos en el proceso del tratamiento del suero. La tabla siguiente resume, a título meramente orientativo, los consumos energéticos medios del sector lácteo quesero desglosados por productos.

Producto elaborado	Unidad	Energía eléctrica (kWh)	Energía térmica (Tep)
Leche pasteurizada	m ³	25-30	76-81
Leche uperizada	m ³	55-60	145-155
Leche concentrada	m ³	37-42	725-750
Leche condensada	m ³	77-82	1.300-1.350
Mantequilla	m ³	220-240	435-450
Nata	m ³	35-40	57-62
Yogur	m ³	50-55	445-460
Leche en polvo	t	425-450	5.700-5.800
Suero en polvo	t	440-465	4.200-4.500
Queso	t	265-285	3.900-4.200
Batidos	m ³	50-55	380-400

Tabla 2.2. Consumo energético específico de productos lácteos.

Fuente: EREN

La influencia de los costes energéticos en el coste final del producto varía, en porcentaje, desde el 0,1% en la producción de nata hasta el 3,62% en la de suero en polvo, como se muestra en la tabla siguiente.

Realizando una ponderación de dichos costes con la producción anual, se llega a la conclusión de que los costes energéticos se sitúan entre el 1% y el 3% del coste final del producto.

Producto elaborado	% coste de la energía sobre el precio de venta
Leche pasteurizada	0,51
Leche uperizada	1,64
Leche concentrada	0,92
Leche condensada	2,11
Mantequilla	1,32
Nata	0,13
Yogur	0,10
Leche en polvo	2,01
Suero en polvo	3,62
Queso	0,87

Tabla 2.3. Porcentaje de costes de la energía en el coste total del producto.
Fuente: EREN

Los principales procesos consumidores de energía en las industrias lácteas y queseras son la pasteurización, la esterilización, la concentración en evaporadores, el secado y la generación de vapor. En la tabla siguiente se muestran los consumos energéticos por procesos.

Proceso	Rendimiento (%)	Consumo
Pasteurización	73,5	102,8 kJ/l leche
Esterilización	63,7	133,8 kJ/l leche
Concentración en evaporadores	53,7	502 kJ/kg agua evaporada
Secado en torres de atomización	28,0	836 kJ/kg agua evaporada
Generación de vapor	83,4	334,4 kJ/t de vapor

Tabla 2.4. Consumo y rendimientos térmicos medios de procesos.
Fuente: EREN

La elaboración de conservas, congelados, salsas y zumos vegetales presentan unas fases comunes correspondientes a las operaciones de preparación de las materias primas. Es el tratamiento de conservación al que son sometidos los productos vegetales lo que los diferencia, ya que en el caso de las conservas, salsas y zumos se utiliza el calor y en el caso de los congelados el frío.

Las materias primas, generalmente son productos estacionales que hay que elaborar durante el periodo de recolección, recibidas en la fábrica pueden ser conservadas durante un periodo de tiempo limitado en cámaras de refrigeración o almacenadas a temperatura ambiente hasta su introducción en el proceso de fabricación.

Los productos vegetales deben ser sometidos a una serie de operaciones de preparación, encaminadas a darles la forma deseada mediante corte o troceado, eliminar la piel que los recubre mediante un pelado, inactivar las enzimas y eliminar el aire que forma parte de su estructura usando un escaldado y enfriado, etc. El orden en que se realizan estas operaciones es variable dependiendo de la materia vegetal elaborada y del tipo de tecnología empleada.

	Consumo eléctrico (tep/Tn) $\times 10^{-3}$	Consumo gas natural (tep/Tn) $\times 10^{-3}$	Consumo energético (tep/Tn) $\times 10^{-3}$
Total producto producido	9,482	77,703	87,185
Tomate concentrado producido	13,106	107,403	120,509
Tomate en dados producido	3,514	28,793	32,306
Total Tomate natural tratado	2,432	19,932	22,364

Tabla 2.5. Consumos eléctricos y térmicos para derivados del tomate.

Fuente: Elaboración propia.

El tratamiento de conservación aplicado, en el caso de las conservas y salsas, consiste en el cierre hermético de los envases que contienen el producto y en la aplicación de calor. El tratamiento utilizado en el caso de los vegetales congelados se realiza por medio de frío.

Aunque la preparación de conservas, congelados, salsas y zumos vegetales presentan consumos diferentes, en función de las distintas etapas que realicen, sirva como ejemplo del consumo obtenido en este tipo de industrias la tabla en la que se muestran los consumos eléctricos y térmicos en la preparación de concentrado de tomate y tomate en dados.



3. Punto de partida para una gestión eficiente

El beneficio empresarial es el objetivo de toda actividad económica privada. El recorte de todos los costes se convierte en un arma estratégica para aumentar la competitividad y el éxito de la empresa a medio y largo plazo.

Sin embargo, antes de encaminar nuestros pasos hacia una reducción de costes, es necesario pararse a pensar cuales son las variables sobre las que debemos actuar para conseguir mayor eficacia en nuestra misión. Por ello, respecto a las instalaciones industriales, tenemos que tener en cuenta que estamos sometidos a elevados consumos energéticos para mantenerlas. El ahorro energético que podemos conseguir con una combinación de actuaciones sobre diferentes puntos ayudará a aumentar la rentabilidad de la empresa y a su vez, a conseguir una mejora en los efectos medioambientales producidos por nuestra actividad.

3.1.- SISTEMA EFICIENTE DE GESTIÓN ENERGÉTICA

La puesta en marcha de una gestión energética en una empresa debe ir precedida de una Auditoría Energética, a fin de determinar los consumos en las instalaciones, el aprovechamiento de la que se hace en el uso de la energía, e identificar las posibles fuentes de pérdidas.

Los resultados de la auditoría energética conducirán a determinar los mayores potenciales de mejora en materia de ahorro energético y permitirán sentar las bases del estudio de viabilidad económica de su implantación.

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 combustible, 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.

La auditoría energética se desarrolla siguiendo cinco fases de actuación que se muestran en la siguiente imagen.



Figura 3.1. Pasos de una auditoría energética

Fuente: Elaboración propia

El primer paso para ahorrar energía es conocer perfectamente la industria: las fases del proceso, los equipos consumidores de energía instalados, datos de producción, etc. Con ello se obtienen los datos necesarios como punto de partida para realizar el resto de pasos de nuestra auditoría energética.

Este primer paso es de vital importancia ya que se van a ir necesitando todos estos datos en los pasos posteriores que vayamos realizando, con lo cual es necesario disponer de toda la información referente a la producción de un plazo mínimo de un año y todos los datos de equipos y procesos que se llevan a cabo en la industria a estudiar.

Una vez conocidos todos esos datos, habrá que centrarse en la medición de los consumos, lo que únicamente puede lograrse cuando se ha implantado un sistema eficiente de contabilidad.

3.2.- SISTEMA EFICIENTE DE CONTABILIDAD

Hay que tratar de evitar la costumbre habitual de registrar únicamente los consumos con el objetivo de comprobar la corrección de la facturación energética realizada por los suministradores. Se suele conocer el gasto global originado por el consumo de energía, diferenciando la facturación eléctrica del resto, pero también se suele ignorar cual es el consumo real y el gasto que éste ocasiona.

La Contabilidad Energética tiene como finalidad determinar los consumos energéticos en los distintos equipos y procesos sobre la base de medidas directas, obtenidas in situ, e indirectas, a través de ratios y del tratamiento de los datos. Su objeto es hallar los consumos energéticos totales y específicos, asignar costes, comparar consumos y servir de base a la realización de un posterior análisis técnico y planteamiento de mejoras.

En función de la exhaustividad de la información recabada en el primer paso, son varios los tipos de contabilidad que pueden realizar: global, por procesos, por equipos o por productos.

A medida que la contabilidad se hace más exigente, la precisión de la contabilidad energética va aumentando, pero también son más complejas y se encarecen las labores de toma de datos, al necesitarse sistemas automáticos de medición. Aunque es recomendable llegar hasta el último nivel de estudio.

Para iniciar la contabilidad se precisa disponer, como mínimo, de la siguiente información básica:

- Consumos anuales y mensuales de cada tipo de combustible y de energía eléctrica.
- Relacionar los combustibles y energía eléctrica empleada con la producción.

Los consumos eléctricos son fáciles de encontrar ya que se dispone de elementos de medida para la facturación a los que se tiene accesibilidad permanente. Sin embargo para el caso de los combustibles, se suelen controlar únicamente a través de los pedidos, por lo que se suele relacionar únicamente su periodicidad, la cual está ligada a la capacidad de almacenamiento disponible, siendo más complejo relacionar su consumo con la producción.

Para empezar a realizar un sistema de contabilidad energética es necesario cumplimentar una serie de cuadros con la información energética observada y los datos de producción generados como los que se recogen seguidamente. El sistema debe permitir estudiar la evolución del consumo de energía a lo largo de un periodo de tiempo, con una cierta periodicidad en la cumplimentación de los cuadros que evite la pérdida de interés, por lo que se recomienda una frecuencia mínima mensual.

3.2.1.- Contabilidad Global

La contabilidad global puede abordarse en distintos grados de detalle, de los cuales el más básico es la mera contabilidad de los consumos energéticos mensuales y anuales de la planta. A partir de él es posible calcular los consumos específicos, que permiten la realización de una auditoria más precisa, aunque a nivel primario.

Mes	Producción (unidad)	Consumo Eléctrico (kWh)	Consumo Combustibles (kWh)	Consumo total (tep)	Consumo específico (tep/producción)
Enero					
Febrero					
.....					
Diciembre					
TOTAL					

Tabla 3.1. Resumen de contabilidad global.

Fuente: Elaboración propia

La tabla que se muestra sería el resultado de la esta contabilidad global, donde bien por meses o en total anual se dispondría de los consumos energéticos eléctricos y de otros combustibles por unidad de producción.

El consumo de gas natural y de energía eléctrica se contabilizará, bien a través de facturas de las compañías suministradoras, bien a partir de lecturas de contadores. El consumo de fuelóleo y gasóleo se contabilizara por lecturas de contadores o en su defecto por calado de tanques de almacenamiento.

De igual manera se podría realizar otra tabla como la anterior, pero indicando el coste económico en vez del consumo energético, lo que nos daría un valor económico del peso energético en el producto generado.

Para calcular el porcentaje de costes energéticos pueden utilizarse los costes totales de la empresa o bien la facturación total.

$$\%CE = \frac{\text{Coste Energético}}{\text{Costes Totales}} \times 100$$

De estas tablas se pueden obtener los consumos específicos de energía, que se define como la cantidad de energía utilizada para obtener una unidad de producción, en unidades energéticas o económicas. El conocimiento de estos valores permitirá establecer un seguimiento de los programas de ahorro y eficiencia energética de la empresa.

3.2.2.- Contabilidad por Proceso y Equipo

Además de la información anteriormente indicada, a través de la cual se obtiene una idea del gasto energético global y de su relación con la producción, el conocimiento del desglose del consumo en las distintas operaciones y servicios de la fábrica permite obtener algunas conclusiones que pueden resultar interesantes. Para ello se tomara como base de partida el consumo anual o mensual de energía, desglosado en los diferentes tipos de energía utilizados, y se tratara de efectuar su reparto en las diferentes secciones de producción.

Dicho reparto será hecho, en lo posible, tomando lecturas directas de aparatos de medida; solamente en los casos en que no sea posible se estimaran de acuerdo con un criterio preestablecido, que puede proceder, por ejemplo, de lecturas parciales de consumos en sistemas centralizados cuando no funcionan simultáneamente todos los sistemas servidos. Esta distribución de consumos puede constatar la necesidad de implantar sistemas de medida en algunas áreas de consumo de la fábrica.

Los consumos energéticos se relacionaran con las horas de funcionamiento mensuales y con las cantidades de materias primas empleadas, que en muchos casos son distintos para cada proceso debido a la fabricación simultánea de varios productos, consiguiendo así consumos específicos y horarios para establecer comparaciones. Esta información es de gran utilidad para una mayor aproximación en los cálculos de ahorros obtenidos al plantear las mejoras.

Proceso	Materia prima procesada (unidad)	Horas al mes	Consumo Eléctrico (kWh)	Consumo Combustibles (kWh)	Consumo total (tep)	Consumo específico (tep/producción)	Consumo específico (tep/hora)
TOTAL							

Tabla 3.2. Resumen de contabilidad por proceso.

Fuente: Elaboración propia

De igual manera se podría realizar otra tabla como la anterior, pero indicando el coste económico en vez del consumo energético, lo que nos daría un valor económico del peso energético en cada uno de los procesos implicados en la fabricación.

En caso de encontrar una fase del proceso con un alto peso energético, es interesante el realizar una nueva contabilidad a una escala inferior. De esta manera se obtendrán los valores de consumos y costes energéticos, del equipo a estudio, y puede servir como herramienta al fin de determinar una posible mejora en el mismo.

Sería necesario realizar una tabla como la anterior modificando tan solo el nombre de la primera columna de proceso a equipo.

La correlación de los consumos energéticos, no solo con la producción, sino con otras variables industriales –temperaturas, presiones, caudales, etc.– conduce a un sistema contable mucho más elaborado que requiere altos conocimientos técnicos para su realización. Este sistema puede ser mejorado

introduciendo comparaciones con valores históricos, teóricos y estadísticos intersectoriales.

Con todos estos datos se puede empezar a trabajar en el tercer punto con el análisis técnico de la información, revisando puntos de mayor consumo, equipos o procesos ineficientes y consecuentemente empezar a proponer mejoras adecuadas para subsanar dichos problemas.

Uno de los primeros puntos a tener en cuenta en dicho análisis técnico es la revisión de la contratación de los suministros energéticos que se describe en el punto siguiente.



4. Optimización de la contratación energética

4.1.- ANÁLISIS DE LA CONTRATACIÓN

La optimización de la contratación energética comprende la elección de las fuentes de energía, la negociación con los suministradores, la recepción y el control de los pedidos, y, si procede, su almacenamiento y distribución.

El principal objetivo es adquirir la energía en las mejores condiciones de precio y calidad de suministro, asegurando que el contrato con las compañías suministradoras sea óptimo para la empresa.

Para el análisis de la contratación es preciso disponer de los datos de consumo energético y facturación de al menos un año. Con ellos se podrá realizar una curva de carga de la industria, la cual nos dirá cómo y cuando se consume energía.

La curva de carga nos indica la cantidad de energía necesaria en función del tiempo, de cada hora, cada cuarto de hora, etc., en función de nuestras necesidades. La realización de esta curva de carga es el primer paso, ya que con ella podremos optimizar las contrataciones energéticas.

Para obtener la curva de carga, lo ideal es utilizar equipos de medida que nos indiquen potencia requerida respecto a tiempo, como es el caso del analizador de redes, que conectado al cuadro eléctrico en cuestión nos indica una gran cantidad de parámetros eléctricos en función del tiempo de medida.

Muchas industrias, de tamaño medio-grande disponen de analizadores en sus instalaciones y la compañías suministradoras pueden poner a su disposición estos datos.

4.2.- OPTIMIZACIÓN DE LA CONTRATACIÓN DE COMBUSTIBLES

A la hora de optimizar un combustible es necesario tener en cuenta diversos aspectos. El consumo de fuelóleo y gasóleo conlleva su almacenamiento y por lo tanto la existencia in situ de depósitos de combustible. El coste de estos depósitos y de su mantenimiento, así como motivos medio ambientales, junto con el desarrollo de la red de gaseoductos, han propiciado que, en los últimos años, se detecte un incremento en el consumo de gas natural frente a los combustibles líquidos.

El consumo de gas natural licuado (GNL) viene condicionado por el desarrollo de su red de distribución. Son varias las empresas interesadas en la utilización de este combustible, aunque deben descartar su utilización por estar fuera de la red de distribución y encarecer el transporte el suministro desde una planta de GNL.

En el aprovisionamiento de fuelóleo, al estar liberalizado el mercado, las empresas pueden acudir al suministrador que crean más adecuado. Los criterios de selección suelen ser precio, calidad y fiabilidad, generalmente en ese mismo orden.

El aprovisionamiento de gasóleo, al igual que el fuelóleo, se realiza por cisternas completas. Es decir, se programan entregas del mayor volumen posible para reducir su coste. Los precios del fuelóleo y del gasóleo vienen fijados por el mercado y dependen básicamente del momento de la compra y del volumen de la misma.

La tarifa para el gas natural viene fijada por contrato con la empresa suministradora, en el cual se puede negociar el precio en función del consumo de combustible, lo que puede llevar a conseguir un ahorro importante en la facturación.

La tendencia es a la utilización de gas natural frente a los combustibles como gasóleo o fuelóleo debido a su precio más competitivo y a la bajada considerable en los costes totales del consumo energético.

Otra manera de conseguir una optimización de los consumos de combustibles es la sustitución total o parcial de los combustibles utilizados por una tecnología renovable. Dentro de las opciones existentes las que mejor se pueden adaptar son la instalación de calderas de biomasa y sistemas solares térmicos, de los que se obtendría la generación de agua caliente a un coste muy reducido.

4.3.- OPTIMIZACIÓN DE LA CONTRATACIÓN DE ELECTRICIDAD

Para los consumos eléctricos tipo de las industrias del sector agroindustriales se suelen contratar con las compañías eléctricas suministros con potencias superiores a los 15 kW.

Los suministros de más de 15 kW disponen de 3 o 6 periodos horarios y se encuentran liberalizados, lo que significa que se negocia con la empresa suministradora el precio, realizando un contrato con una duración de, normalmente, un año.

La facturación de la electricidad de este tipo de suministros viene repartida principalmente en dos conceptos: el término de potencia y el término de energía. Además se incorporan otros conceptos como el término por reactiva, alquiler de contadores y los distintos impuestos a los que está sometida el consumo de electricidad.

Término de potencia

Respecto al término de potencia se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Fp = \sum_{i=1}^n t_{pi} P_{fi}$$

donde:

P_{fi} = Potencia a facturar en el periodo tarifario i , expresada en kW.

t_{pi} = Precio anual del término de potencia del periodo tarifario i .

En el caso de los suministros con 3 periodos, punta, llano y valle, disponen de tarifas 3.0A o 3.1A, en función de si el contrato es en alta o baja tensión, y dispondrá de tres posibles potencias contratadas. En los casos de 6 periodos, se contratarán seis valores de potencia, de los periodos P1, P2, P3, P4, P5 y P6, respectivamente.

La optimización de este componente es esencial, ya que la facturación de este componente varía en función de la lectura de los máxímetros en cada periodo que guardan el valor máximo de potencia consumida.

La potencia facturable (P_f) se determina, para los suministros de tres periodos en función de la potencia contratada (P_c) y la máxima del periodo que registre el máxímetro (P).

- Si $0,85P_c < P < 1,05P_c$, entonces $P_f = P$.
- Si $P < 0,85 P_c$, entonces $P_f = 0,85P$.
- Si $P > 1,05 P_c$, entonces $P_f = P + 2(P - 1,05 P_c)$.

Analizando las lecturas de los máxímetros que aparecen en las facturas eléctricas hay que buscar el valor de potencia contratada que nos mantenga la

potencia facturada al mismo valor que la contratada, es decir mantenernos dentro del rango: $0,85P_c < P < 1,05P_c$.

En el caso de 6 periodos, si la potencia demandada sobrepasa en cualquier periodo horario la potencia contratada en el mismo, se procederá, además, a la facturación de todos y cada uno de los excesos registrados en cada periodo, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$F_{ep} = \sum_{i=1}^n k_i \cdot 1,406368 \cdot A_{ei}$$

donde:

K_i = Coeficiente que tomará valores dependiendo del periodo tarifario i:

Periodo	P1	P2	P3	P4	P5	P6
k_i	1	0,5	0,37	0,37	0,37	0,37

A_{ei} = se calculará de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\sqrt{\sum_{i=1}^n (P_{dj} - P_{ci})^2}$$

donde:

P_{dj} = Potencia demandada en cada uno de los cuartos de hora del periodo i en que se haya sobrepasado P_{ci} (kW)

P_{ci} = potencia contratada en el periodo i en el periodo considerado (kW)

En caso de 6 periodos, debido a la manera de facturación de los excesos de demanda de potencia, para la optimización de este término de potencia es necesario recurrir a las curvas cuartohorarias, que nos dicen el valor de potencia demandado en cada cuarto de hora de cada día, siendo necesario estudiar un periodo anual completo.

En este caso la optimización de la potencia consistirá en ajustar los valores de potencia contratada a las potencias máximas registradas, de forma que no se sobrepase el valor de potencia contratada para que no nos penalicen por exceso, ya que las penalizaciones son bastante elevadas.

En caso de que sea posible es muy interesante modificar los consumos a periodos más económicos como el P5 o P6, pudiendo contratar mayor potencia en estos periodos y dejando los más caros, P1 o P2 con un valor menor de potencia contratada.

Término de energía activa

Respecto al término de energía se calcula mediante la siguiente expresión, para los casos de 3 y 6 periodos:

$$Fe = \sum_{i=1}^{i=n} E_i t_{ei}$$

donde:

E_i = energía consumida en el periodo tarifario i , expresada en kWh

t_{ei} = precio del término de energía del periodo tarifario i

El término de facturación de energía activa se facturará mensualmente, incluyendo la energía consumida en el mes correspondiente a cada periodo tarifario i .

La única optimización posible en este término es la reducción del precio de la energía mediante la negociación con distintas compañías suministradoras. Como los precios de la energía consumida en cada periodo son diferentes hay que estudiar cual es el periodo de mayor consumo y coste, buscando la oferta que mejor se ajuste a este periodo.

Término de energía reactiva

La energía reactiva no produce trabajo útil para el abonado, pero la compañía suministradora se ve obligada a proporcionarla. El complemento por energía reactiva está constituido por un recargo y se aplicara sobre la totalidad de la facturación básica. El factor de potencia, $\cos \varphi$, se calculara con dos cifras decimales, redondeando de la última cifra.

$$\cos \varphi = \frac{E_w}{\sqrt{E_w^2 + E_r^2}}$$

donde:

E_w = energía activa

E_r = energía reactiva

En el caso de mercado liberalizado, existe recargo cuando el $\cos \varphi$ es menor a 0,95. Para reducir el precio del suministro eléctrico se recomienda a las empresas trabajar al máximo en horas valle, con una curva de carga lo más baja posible y mejorar el factor de potencia, ya sea eliminando cargas ineficientes o instalando sistemas para mejorar el $\cos \varphi$, principalmente baterías de condensadores.

Esta medida si obliga a una inversión al necesitar la instalación de baterías de condensadores, pero con los precios facturables por energías reactivas son inversiones rápidamente amortizadas al disponer de periodos de retorno bajos, en función de las necesidades en cada caso.

5. Medidas de ahorro y eficiencia energética

Las diferentes medidas de ahorro y eficiencia energética aplicables al sector industrial, se clasifican en dos tipos: horizontales y verticales. Las medidas horizontales son aquellas que se pueden aplicar de forma genérica en todo tipo de industrias. Por otro lado, bajo el nombre de medidas verticales se engloban aquellas que son específicas para cada sector de actividad industrial: bodegas, almazaras, queseras, etc. y que pueden afectar en mayor o menor medida al proceso productivo o a la tecnología empleada en el mismo.

A continuación se describen brevemente las primeras y en la segunda parte del presente capítulo se establecerán consideraciones, prácticas y actuaciones que pueden ser aplicadas a los equipos de proceso más comunes del sector.

5.1.- TECNOLOGÍAS HORIZONTALES.

5.1.1.- Proceso productivo

Las mejoras específicas del proceso productivo se acometen desde el punto de vista de las posibilidades de las nuevas tecnologías. Con esta responsabilidad nace la figura del **Gestor Energético** de la planta cuyas tareas son las siguientes:

- Seguimiento de la Contabilidad Energética.
- Control energético de cada parte del proceso.

- Autoformación continua en materia energética.
- Formación e información al resto de la plantilla.
- Informar al director o gerente de la situación energética.

5.1.1.1.-Seguimiento de la Contabilidad Energética.

En este seguimiento, el gestor se deberá ocupar de:

Establecer un sistema de registro de información relevante de las **facturas energéticas y de agua** ya que aportan información esencial que ayude a controlar la eficiencia de la empresa.

Comparar los consumos y costes de las facturas de energía y agua con las del periodo equivalente a cada año anterior. Investigado la hipotética existencia de aumentos no explicables.

Investigar todas las causas que provoquen aumentos en los consumos. Pueden atenderse a aspectos tales como los procedimientos de trabajo, dispositivos de control, temporizadores, válvulas y termostatos o equipos defectuosos en general o comprobar si se han introducido cambios en los procedimientos que afecten al consumo.

Hacer **revisiones anuales de las tarifas** de compra de electricidad, ya que el patrón de consumo puede variar de manera anual en función de la campaña productiva. Elegir de esta manera la más conveniente una vez conocidos los patrones de consumo, los cuales a su vez pueden obtenerse de la lectura interna de los contadores.

Comprobar el factor de potencia que aparece en las facturas (las tarifas reguladas penalizan el uso de factores de potencia bajos).

Investigar y solicitar ofertas de otros suministradores de electricidad alternativos y más económicos. Con carácter general comparar el uso energético de su empresa con el de otras similares del mismo sector.

5.1.1.2.-Control energético de cada parte del proceso.

Se procurará la correcta **señalización en lugares estratégicos** indicando los equipos auxiliares que deben ser apagados. Así como el **apagado de ventiladores, bombas y cintas** transportadoras cuando los equipos a los que sirven no están en uso. Entre los equipos a comprobar están:

- Los extractores (ej. en cabinas de pintura)
- Extractores locales de polvo
- Bombas de enfriamiento de agua
- Bombas de vacío
- Bombas de agua de lavado
- Sistemas de cintas transportadoras

Una vez identificados los equipos con mayor consumo energético considerar equiparlos con **medidores individuales**. De manera periódica (como término medio puede adoptarse que cada cinco años) **realizar auditorías** bien por medio interno o apoyados por especialistas externos que revisen en profundidad con el objeto de identificar los aspectos donde pueden optimizarse costes energéticos.

5.1.1.3.-Autoformación continua en materia energética.

El gestor energético deberá contar con formación continua para renovar su conocimiento sobre las tecnologías de ahorro energético. Esta formación le proporcionará criterio técnico objetivo para la óptima gestión energética de su instalación si se hace con independencia de suministradores de energía o fabricantes.

Dentro de esta colección, la guía “Análisis de la Oferta Formativa” ofrece información de interés sobre entidades formadoras en materia energética .

5.1.1.4.-Formación e información al resto de la plantilla.

El gestor se debe ocupar en este sentido de **promover, divulgar, formar y fomentar el debate** de todos los aspectos relacionados con los consumos de energía y entre todos los participantes del proceso productivo.

El "Brainstorming", o lluvia de ideas que puso en práctica Alex F. Osborn en el año 1938, es una técnica de conferencia en la que un grupo de personas busca la solución a un problema específico, juntando todas las ideas aportadas en forma espontánea por sus integrantes.

Como consecuencia de lo anterior, se animará al personal a participar en el programa de eficiencia energética dejando que **sugiera y aporte ideas** que reduzcan los consumos de agua y energía. Así mismos dichas ideas han de ser consideradas y estudiadas en su totalidad para que se sientan partícipes del mismo.

Todas las especificaciones de plantas y equipos nuevos deben incluir la eficiencia energética, así como, el personal, responsable de la compra o alquiler de la planta o equipos nuevos, ha de ser **entrenado en la concienciación energética**.

5.1.1.5.-Informar al director o gerente de la situación energética.

El gestor establecerá con acuerdo de la dirección, **objetivos periódicos** de reducción energética con el fin de concentrarse en las actividades ineficientes y aumentar en su lugar el perfil de eficiencia energética. A la dirección se le presentaran estudios técnico-económicos en un programa de eficiencia energética que favorezcan que un porcentaje de los ahorros planificados sea reservado para **invertirlo en programas de eficiencia** energética.

5.1.2.-Compensación de Energía Reactiva.

Como se ha visto, es posible que la tarifa eléctrica por la que se ha optado no sea la adecuada y sea necesario gestionar con la compañía una tarifa más conveniente. Pero la correcta elección del tipo de tarifa no es el único objetivo del estudio de las facturas eléctricas, también **es frecuente encontrar recargos** por el consumo de energía reactiva.

La energía reactiva es causada por la descompensación entre la onda de tensión y la onda de electricidad que se produce en una instalación donde hay motores, lámparas de descarga o transformadores. Esta descompensación se mide por el coseno de φ . Si el consumo de energía reactiva supera el 33% del consumo de energía activa, el coseno de " φ " ($\cos \varphi$) es menor de 0,95 y por tanto se penalizará por la compañía suministradora de electricidad.

Término de facturación de energía reactiva:

Para $\cos \varphi$ entre 0,95 y 0,80: 0,041554 €/kVarh.

Para $\cos \varphi < 0,80$: 0,062332 €/kVarh.

(Primer trimestre de 2014)

Para reducir el consumo de energía reactiva de la instalación se pueden instalar baterías de condensadores. Los condensadores generan una energía reactiva que se opone o compensa la consumida por las instalaciones de modo

que desde el exterior resulta un consumo cero de energía reactiva, con el consiguiente ahorro de la penalización.

La inversión de esta medida es adecuada para periodos de retornos menores a 4 años y su diseño e instalación deberá realizarse por personal especializado en instalaciones eléctricas.

5.1.3.-Aislamiento térmico.

La importancia de los aislamientos en la eficiencia energética en almacenes y fábricas agroindustriales puede abordarse principalmente en tres niveles: aislamiento de los cerramientos del edificio, aislamiento de las tuberías de conducción de vapor y aislamiento de las cámaras de refrigeración.

5.1.3.1.-Aislamiento térmico de cubiertas y cerramientos.

Claves de un buen aislamiento:

- **El más importante, el de la cubierta.** Se estima que del 100% de las pérdidas térmicas de una nave, el 70 % se produce a través de la misma.
- **Mejora el rendimiento de los equipos de climatización.** Es más conveniente esta solución que sobredimensionar la climatización.
- **No escatimar en las calidades:** la impermeabilidad al vapor de agua y la resistentes a los golpes o a rayos ultravioleta revertirán en una mejor relación coste/beneficio.

Los tipos de cerramientos más extendidos para cubiertas de naves industriales son los siguientes:

- Panel sándwich.
- Cubiertas deck.
- Cubiertas ecológicas.

Para los cerramientos verticales, los habituales son:

- Paneles o bloques de hormigón.
- Paneles de chapa grecada.

Panel sándwich montado in situ.

El cerramiento lo componen generalmente dos hojas de chapa perfilada entre las cuales se sitúa el aislamiento, constituido por una manta de lana de vidrio o espuma de poliuretano expandido. Sus principales ventajas son:

- **Bajo coste:** Al realizarse in situ de forma sencilla y rápida, permite reducir costes de mano de obra.
- **Poca estructura:** La luz útil de los paneles permite espaciar los soportes y reducir la estructura.
- **Rehabilitación sencilla:** consiste en sustituir únicamente la chapa exterior.
- **Resistencia al fuego:** Su composición de metal y lana de vidrio le otorga una buena clasificación frente al fuego.
- **Ligereza y versatilidad,** lo que permite la realización de todo tipo de proyectos.
- **Aislamiento acústico:** propiedad añadida del aislamiento térmico empleado.

Panel sándwich prefabricado.

Constituidos por un núcleo aislante de gran rigidez formado por lana mineral de diferentes espesores, y dos láminas metálicas exteriores (acero tratado generalmente) tratadas superficialmente con pinturas o capas plásticas. Sus principales ventajas son:

- **Flexibilidad:** Gran resistencia a la flexión.

- **Facilidad de montaje**; montaje más rápido frente a cualquier otro sistema de cerramiento.
- **Estanqueidad** frente al agua y al aire.
- **Aislamiento acústico** notable que puede mejorarse utilizando paneles sándwich con su cara interna perforada.
- **Resistencia y estabilidad frente al fuego**; además de no propagar la llama, actúan como retardadores en caso de incendio.



Figura 5.1. Cubierta tipo Sandwich. Prefabricado (izquierda). In situ (derecha).

Cubiertas tipo deck

Las cubiertas deck estan formadas por:

Soporte a base de un perfil metálico que se dimensionará ateniéndose a la norma, y asegurando una buena base de asentamiento para el aislamiento.

Barrera de vapor. Es conveniente instalar una barrera de vapor entre la chapa metálica y el aislamiento en naves con humedad relativa alta o poco ventiladas, con temperaturas exteriores e interiores bajas o en atmósferas agresivas, en las cuales pueden aparecer condensaciones intersticiales.

Aislamiento térmico y acústico rígido formado por una o varias capas de material aislante, su objeto es controlar las diferencias de temperatura, impedir las pérdidas térmicas y evitar la formación de condensaciones. Es aconsejable la utilización de placas de lana de roca de densidad mayor a 175 kg/m^3 .

El coeficiente K expresa el valor del aislamiento térmico que nos ofrece un elemento constructivo. Los valores de K para algunos componentes son:

- *Pared de ladrillos de 30 cm: $K = 1.8 \text{ W/m}^2\text{K}$*
- *Vidrio de 6 mm: $K = 5.8 \text{ W/m}^2\text{K}$*
- *Lana de roca 70 mm: $K = 0,52 \text{ W/m}^2\text{K}$*

Protección y acabado, están destinados a proteger mecánicamente la membrana impermeabilizante de los efectos de la circulación, así como de la acción atmosférica. **Protección pesada**, tipo gravilla o áridos en la parte superior de la cubierta.

Además de su buen aislamiento térmico, destaca su resistencia mecánica en relación a su ligereza, así como una buena resistencia al paso del vapor.

Cubiertas vegetales

Las cubiertas vegetales llevan a cabo las funciones habituales de cualquier cubierta (protección, impermeabilización, aislamiento térmico y acústico) y además ofrecen protección frente a la radiación solar y aprovechan el efecto amortiguador de la temperatura que tiene la tierra gracias a su inercia térmica, reduciendo tanto las pérdidas como las ganancias excesivas de energía o calor a través de la cubierta.

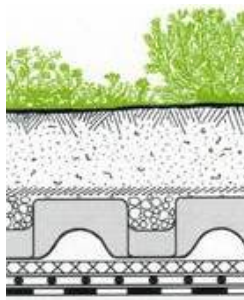
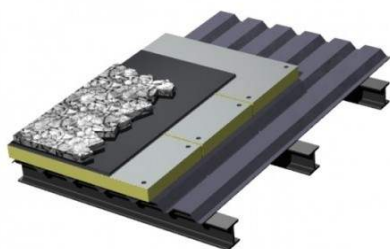


Figura 5.2. Cubierta Deck (Izquierda). Cubierta vegetal. Fuente: EDITEC.

5.1.3.2.-Aislamiento térmico de tuberías.

Para reducir, ya que no son del todo evitables, las pérdidas en conductos de gas o vapor, se recurre al aislamiento. Se trata de una de las medidas de ahorro energético más fácilmente ejecutables y económicamente más viables como se puede ver en el siguiente ejemplo:

Ejemplo de mejora de aislamiento en tubería no aislada.	
Longitud (m)	10
Diámetro de la tubería (cm)	8,5
Diferencia Temperaturas (°C)	220
Pérdidas de calor en tubería inicial (kcal/h)	10.750
Pérdida energéticas en la generación(kcal/h)	12.216
Consumo adicional gasóleo inicial (kg/año)	2.525
Aislamiento (Coquilla)	Lana mineral
Espesor de aislamiento (mm)	50
Pérdidas de calor en tubería final (kcal/h)	840
Consumo adicional gasóleo final (kg/año)	197,3
Ahorro energético total (%)	93
Periodo de retorno de la inversión (meses)	5

Tipos de aislamientos para tuberías

Coquillas: el corte practicado longitudinalmente en la generatriz, facilita la colocación. A partir de una temperatura superior a los 200 °C, el aislamiento debe colocarse en dos o más capas a "cubrejuntas".

Fieltros o mantas: cortada con una dimensión igual al diámetro exterior de tubería más el doble del espesor de la manta y cosida sobre la tubería con alambre de acero dulce galvanizado.

Revestimiento exterior (Protección del aislamiento): Para el revestimiento del aislamiento puede utilizarse chapa de aluminio de espesor según diámetro, chapa galvanizada o lacada y chapa de acero inoxidable.



Figura 5.3. Coquillas. Mantas. Revestimiento exterior.

Recomendaciones para el aislamiento de tuberías:

1. Se aislarán convenientemente tuberías y accesorios, codos, térs, válvulas, trampas de vapor, etc...
2. Deberán someterse a las redes de tuberías a las pruebas de presión y temperatura de trabajo.
3. Limpiar las tuberías mecánica o químicamente, antes de aplicar el aislamiento.
4. Previo a la colocación del aislamiento, recubrir la superficie del metal con revestimiento protector según la temperatura de servicio.

5. La aplicación del aislamiento sobre la tubería puede ser en una o varias capas anidadas.

5.1.3.3.-Aislamiento térmico de cámaras frigoríficas.

En el caso de cámaras frigoríficas, los aislantes empleados deben tener la menor tendencia a la absorción de agua posible para evitar condensaciones y estar protegidos del vapor de agua (barrera de vapor) que pueda condensar reduciendo la capacidad aislante del material. Igualmente se hace necesario revestir el aislamiento para evitar la rotura accidental del material aislante. Las características importantes de un buen material aislante para cámaras son:

- Imputrescible.
- Resistente al ataque de roedores.
- Inodoro.
- Ignífugo.
- Neutro químicamente.
- Plástico, maleable a las deformaciones de la estructura de la cámara.
- Resistencia a la compresión y a la tracción.

Los tipos de aislantes más utilizados en cámaras frigoríficas son el corcho (ya en desuso), la espuma elastomérica, pero principalmente el poliuretano o el poliestireno.

El aislamiento de la cámara se puede conseguir con cerramientos constituidos por elementos de fábrica o con paneles prefabricados. La cámara aislada en obra, consta de cerramientos verticales que se construyen con ladrillos o bloques de hormigón de fábrica y protegidos por un bordillo o murete, el interior se chapa con piezas cerámicas o de fácil limpieza como las metálicas o de poliéster. Los techos se construyen en materiales ligeros si no han de soportar carga y los suelos deben ser protegidos contra la congelación, en el caso de cámaras con temperatura negativa.

Los paneles prefabricados son los más utilizados actualmente. Los de poliestireno tienen un espesor de 50 mm a 250 mm y los de poliuretano de 30 mm a 180 mm. Se caracterizan por su fácil instalación, gran rapidez de montaje, fácil mantenimiento y precio económico.

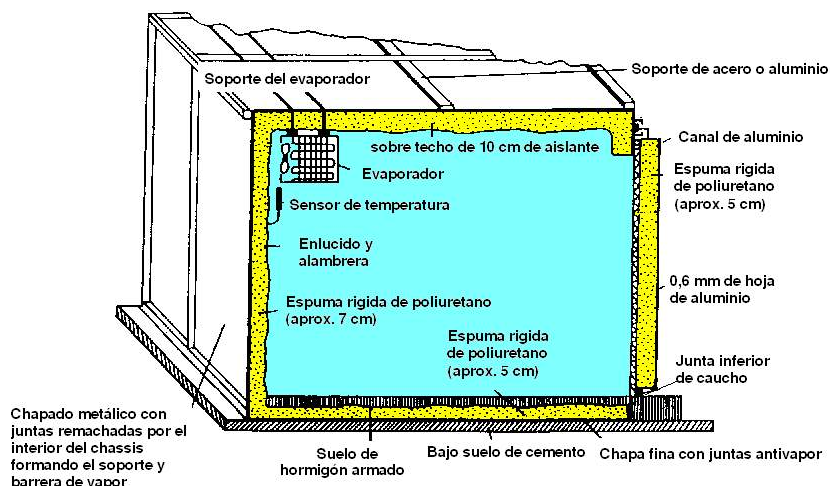


Figura 5.4. Sección de una cámara frigorífica.

Recomendaciones para el aislamiento de cámaras frigoríficas:

1. Utilizar materiales con bajo coeficiente de transmisión de calor (K).
2. Los espesores de aislante deberán permitir el mayor aislamiento pero el exceso del mismo pueden suponer un mayor coste inicial. De forma orientativa la transmisión de calor entre 7 W/m^2 - 9 W/m^2 sería adecuada.

3. Ubicar la sala de máquinas lo más cerca posible a la zona de demanda de frío para evitar pérdidas.
4. Instalar en bloque las cámaras (si hay varias) para ahorrar en aislamiento y pérdidas de calor. Revisar que no haya huecos y/o daños por corrosión.
5. Ventilar correctamente los cerramientos y falsos techos y pintarlos de color blanco para minimizar las pérdidas de calor por transmisión y radiación.
6. Dimensionar las unidades compresoras para que funcionen siempre a plena carga, ya que al contrario se reducirá el COP. Estudiar la relación de compresión a la que va a trabajar cada compresor puesto que cuanto menor sea, más eficientemente trabajará.

COP, coeficiente de eficiencia o 'Coefficient of Performance' es el rendimiento de la bomba de calor.

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Energía útil}}{\text{Energía consumida}}$$

7. Usar ventiladores de doble velocidad para cuando no sea necesaria toda la capacidad de condensación (invierno) porque consumen menos.
8. Instalar purgador de incondensables.
9. Aumentar en lo posible superficie de los evaporadores y condensadores para reducir la relación de compresión y aumenta el COP.
10. Establecer una separación diferencial de las aletas del evaporador. Especialmente en cámaras con gran humedad.

11. Para asegurar que la eficiencia energética se mantiene constante es necesario realizar periódicamente:

- Limpieza de filtros y condensadores.
- Cambio de aceite de compresores.
- Control de incondensables.
- Purga de aire.
- Control del sistema de desescarche.

5.1.4.-Climatización.

Como se ha visto, la demanda térmica de la nave industrial y por consiguiente el consumo energético para mantener sus condiciones óptimas de climatización dependerán en gran medida de sus características constructivas, especialmente del aislamiento de sus cerramientos. La implantación de un buen sistema de control y regulación de la climatización que se adapte a la demanda en cada momento es otra importante actuación para reducir el consumo energético de calefacción y refrigeración. En este sentido se recomienda:

Sectorizar el edificio separando zonas de distinto uso y necesidades climáticas.

Individualizar el control de los equipos mediante reguladores zonales.

Instalar equipos modulantes que ajusten la velocidad de los ventiladores o el caudal de fluido térmico.

Centralizar la generación, control y distribución de calor con el fin de amortiguar rápidas variaciones de la demanda.

Estudiar la **recuperación del calor** disipado en los condensadores de los equipos de frío o chimeneas mediante intercambiadores de calor, para la

producción de agua caliente. También es factible el intercambio de calor entre el aire extraído de ventilación y el aire exterior para la renovación en régimen de calefacción.

Contemplar la instalación de sistemas **free-cooling**

*El **free-cooling** (enfriamiento gratuito) es un economizador denominado de aire exterior para aprovechar su baja entalpía cuando las condiciones exteriores son favorables para disminuir el uso de los equipos de aire acondicionado.*

5.1.4.1.- Sistemas de calefacción con calderas.

La caldera se encarga de transferir la energía producida en un proceso de combustión al agua que se distribuye posteriormente a los emisores donde se transfiere la energía almacenada en el fluido al ambiente exterior. A continuación se describen algunos criterios de selección y control de sistemas de calderas para calefacción y A.C.S.:

Factores previos.

En el caso concreto de una nave industrial es importante tener en cuenta si existen otras calderas para generar calor de proceso y si es así, la posibilidad de utilizar los calores residuales, así mismo habrá que valorar la generación de residuos de proceso que puedan utilizarse como combustible.

Si la instalación es nueva o se trata de una ampliación, habrá que estudiar la posibilidad de sobredimensionar la caldera del proceso para cubrir la climatización e incluso el A.C.S. de la planta.

¿Sistema centralizado o individual?

En los casos en los que son alternativas viables, se optará por un sistema centralizado si se busca reducir costes en la inversión de la instalación y facilidad en la conducción de la instalación y en la gestión del combustible. La opción de descentralizar la generación térmica será interesante si la distribución es grande o compleja y lleva asociadas pérdidas de calor importantes o en los casos en los que el servicio requiere precisión y/o flexibilidad.

En ambos casos habrá que prever zonificar la distribución haciendo posible aislar zonas de poco uso. Todos los conductos irán convenientemente aislados y su recorrido será el que menor número de codos presente con el fin de ahorrar energía en el bombeo.

Selección del tipo de combustible.

Las calderas para calefacción de naves utilizan los siguientes combustibles:

- Gas licuado del petróleo (GLP)
- Gasóleo.
- Fueloil.
- Gas natural.
- Productos resultantes del sistema productivo.
- Biomasa.

El gas natural conlleva mejor precio y menores emisiones frente al gasóleo u otro tipo de combustibles. Pero a la hora de seleccionar el tipo de combustible también hay que tener en cuenta la posibilidad de utilizar residuos biomásicos propios o externos, así como las condiciones logísticas del suministro, especialmente en caso de un fallo o corte imprevisto.

Selección del tipo de caldera.

El factor más importante en el momento de elegir la caldera es su correcto dimensionado. Teniendo en cuenta que en el caso de naves industriales las cargas internas pueden ser muy relevantes, se debe evitar el hecho bastante común de sobredimensionar la generación por temor a no cubrir las puntas obviando las consecuencias negativas de trabajar por debajo del régimen nominal: interrupciones forzadas de la combustión, mayor cantidad de humos en el interior de la caldera y de la chimenea, además de reducir el rendimiento medio-estacional de la caldera, con un inútil agravio de los costes de la instalación.

Si el proceso implica que la caldera no siempre funcione a carga total, es importante evaluar el régimen de carga a la que va a estar sometida y comprobar los rendimientos a cargas parciales. Es interesante en estos casos evaluar la implantación de calderas de baja temperatura o calderas de condensación por trabajar con un alto rendimiento a baja carga.

Si el proceso conlleva demandas de calor muy diferentes, puede ser conveniente sectorizar la potencia de las calderas de tal forma que actúen de forma escalonada siempre cerca de la plena carga.

Posteriormente se tratará en esta guía las interesantes opciones de las calderas de biomasa o la cogeneración.

Funcionamiento óptimo.

La conducción de la caldera debe procurar que la combustión mantenga siempre la relación óptima de aire-combustible. Para ello es interesante contar con un sistema de control que actúe sobre quemadores modulantes. En caso de contar con varias calderas, el sistema de control debe permitir secuenciarlas

para mantener operativo el mínimo número de ellas que permita cubrir la demanda de calor.

Uno de los puntos fundamentales que definen la eficiencia en la combustión de una caldera es la relación aire-combustible. Esta relación se ajusta en el mantenimiento periódico de las calderas o automáticamente por sonda Lambda. Sin embargo, esta relación puede verse modificada debido a diversos factores:

- Variaciones en el poder calorífico del combustible.
- Variaciones en la temperatura del aire de combustión.
- Desgastes y deterioro de componentes en el sistema de control.

*La **sonda Lambda** mide continuamente la concentración de oxígeno en los gases de combustión, para ajustar automáticamente la cantidad de aire inyectado y asegurando una alta eficiencia de la caldera.*

5.1.4.2.- Sistemas de refrigeración.

Antes de plantear la instalación de cualquier sistema es conveniente reducir la demanda de frío mediante la utilización de sistemas de ventilación (natural o mecánica), permitiendo que el aire fluya y disminuya la sensación térmica y la temperatura del interior de la nave.

Los sistemas de refrigeración individuales integran ventilador, batería de refrigeración y compresor, en un solo equipo y se utilizan para refrigerar zonas independientes.

Con sistemas de refrigeración centralizados, la refrigeración se obtiene a partir de una única planta. La refrigeración puede ser por agua o por aire, aunque en naves industriales el intercambio de calor se suele realizar con sistemas aire – aire (roof-top). El frío se distribuye por medio de circuitos (de aire en este caso) a cada uno de las unidades terminales situadas en las zonas que se van a refrigerar. En este tipo de sistemas, el COP suele estar entre 2,5 y 4.

Tecnología inverter en las enfriadoras. La tecnología inverter permite variar la potencia del compresor, disminuyéndola cuando la temperatura de la nave se acerca a la de consigna, reduciéndose el ruido y el consumo.

La energía consumida por el equipo se puede estimar con la fórmula:

$$E_{\text{consumida}}(\text{kWh}) = \frac{P \cdot GD \cdot h_{\text{funcionamiento}}}{(T_i - T_e) \cdot \text{COP} \cdot 365} + P \cdot h_{\text{funcionamiento FC}}$$

P es la potencia frigorífica del equipo en kW

GD son los grados día de refrigeración base 18.

$h_{\text{funcionamiento}}$ son las horas de funcionamiento del equipo con el sistema de compresión.

$h_{\text{funcionamiento FC}}$ son las horas de funcionamiento en modo free-cooling.

Enfriamiento evaporativo.

Los equipos de enfriamiento evaporativo son instalaciones que ponen en contacto una corriente de aire con otra de agua para disminuir la temperatura del aire aprovechando la energía absorbida por el agua en su proceso de evaporación. Con estos sistemas se consiguen dos efectos, refrigerar el aire y humidificarlo, por tanto son de aplicación efectiva en fábricas, almacenes, oficinas.

El aire que pasa a través del climatizador, que es una bomba que transporta agua desde el depósito a la parte superior de los filtros de intercambio termodinámico. Los filtros se saturan de agua cuando el agua vuelve descendiendo por gravedad al depósito. Los ventiladores centrífugos se encargan de absorber el aire caliente del exterior y pasarlo por los filtros humectados. Cuando el aire pasa a través de los filtros, se enfría por medio de la evaporación y, luego, se distribuye por todo el edificio.

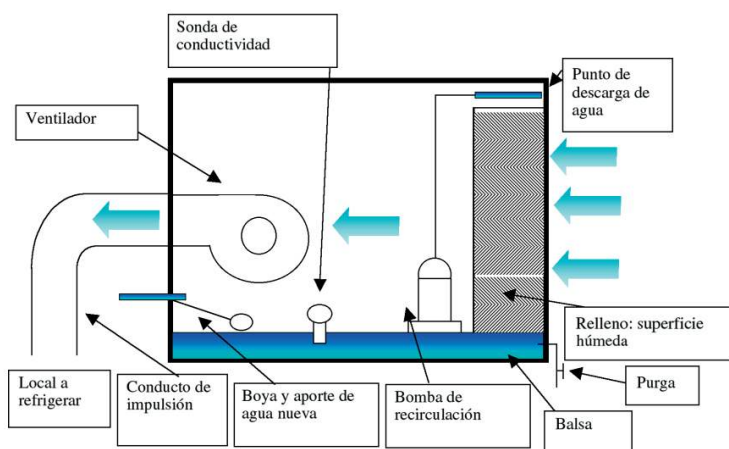


Figura 5.5. Esquema de enfriador evaporativo

5.1.5.- Agua Caliente Sanitaria. (A.C.S.)

Las recomendaciones más significativas orientadas a reducir el consumo energético en A.C.S. partirán con un mantenimiento adecuado de la instalación, comprendiendo estos depósitos de acumulación, conducciones y griferías. Respecto a la acumulación habrá que mantener una temperatura óptima que no sea ni excesivamente alta que potencie las pérdidas de transmisión de calor ni inferiores a 60º C para evitar el riesgo de Legionella. Tanto los depósitos de acumulación como las tuberías de conducción deberán aislarse según los criterios ya desarrollados en la presente guía.

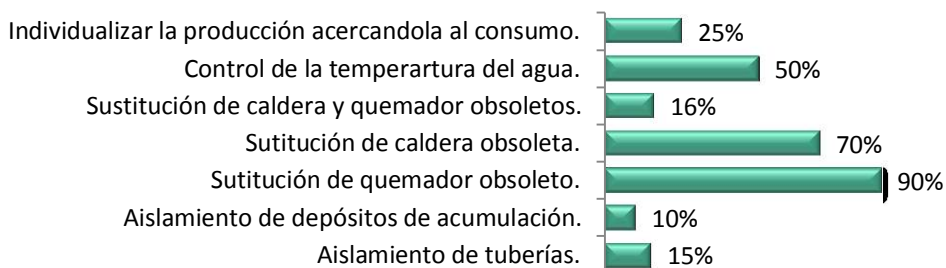


Figura 5.6. Ahorro Energético con actuaciones en el A.C.S.

En relación a los inodoros y grifos de duchas y lavabos, el mercado ofrece multitud de dispositivos de bajo consumo de agua, los más comunes son:

- Grifos temporizados (ahorro de agua del 30%)
- Perlizadores (ahorro de agua del 70%)
- Cisterna de doble descarga (ahorro de agua del 30%)
- Reductores de caudal en duchas (ahorro de agua del 40%)

5.1.6.- Iluminación.

El consumo de energía eléctrica en iluminación de oficinas, almacenes y zonas no ligadas directamente al proceso productivo o zonas de tránsito puede ocasionar cuantiosos gastos que pueden ser minimizados mediante las siguientes prácticas eficientes de iluminación:

- Pintar las paredes de colores claros, no instalar apliques opacos y ubicar los puestos de trabajo, dentro de lo posible cerca de ventanas o lucernarios, reduciendo la necesidad de luz artificial y aumentando la efectividad de la iluminación.
- Numerar o identificar cada interruptor de control de luz sobre todo si se dispone de interruptores múltiples.
- Las luces siempre han de quedar apagadas al abandonar el trabajo. Para asegurar este punto es interesante establecer un procedimiento a través del cual la última persona en abandonar el lugar de trabajo apague la luz. En cambio, los tubos fluorescentes no resulta aconsejable apagarlos en zonas donde vayan a encenderse en menos de cinco minutos, ya que el mayor consumo de energía se produce en el encendido y aparte se acorta su vida útil.
- Hacer limpiezas periódicas programadas de luces y luminarias al menos anualmente verificando el estado de los difusores. Sustituirlos por otros nuevos.
- Es conveniente la introducción de balastos de encendido electrónico en las luminarias de fluorescentes que disponen de reactancia y cebador. Este tipo de equipos consigue un ahorro superior al 25% del consumo sobre los equipos convencionales.
- También se aconseja sustituir lámparas por otras de menor potencia que mantenga sus prestaciones lumínicas. Concretamente en zonas con techos

altos en las que la reproducción cromática no es muy exigente, como en el caso de la planta de proceso, las lámparas de vapor de sodio de alta presión son más eficientes que las lámparas fluorescentes y mucho más que las de halogenuros metálicos.

5.1.7.- Sistemas combinados de potencia y calor (Cogeneración).

El proceso de cogeneración consiste en la producción de electricidad aprovechando simultáneamente el calor producido para producir vapor de proceso, calentamiento de agua, calentamiento de espacios, y otras necesidades tanto industriales como domésticas. La producción simultánea de calor y electricidad alcanza mucha mayor eficiencia que en el caso de generación separada, obteniendo un ahorro de combustible del 35%, con eficiencias totales de hasta el 90 %.

Trigeneración es la producción conjunta de electricidad, calor y frío. La instalación es similar a una planta de cogeneración a la que se le añade un sistema de absorción para la producción de frío.

Clasificadas las tecnologías por la máquina de generación eléctrica las opciones de cogeneración más comunes son:

Turbina de gas. La expansión de los gases quemados en la cámara de combustión acciona la turbina que a su vez acciona el generador de electricidad. Recomendado cuando existen elevadas demandas de vapor.

Turbina de vapor. La energía mecánica se produce por la expansión del vapor de alta presión procedente de una caldera convencional. Apto para utilizar combustibles residuales como biomasa.

Motor alternativo. Se transforma la energía del combustible en mecánica que posteriormente se convierte en energía eléctrica en el generador.

	N _o (Pm)	Eficiencia (%) Calor	Eficiencia (%) Eléctrica	Total Eficiencia (%)
Turbina de gas.	<20	60-65	20-25	85-90
Turbina de vapor.	—	65	7-20	75-85
Motor alternativo.	108	50	35-40	85-90

Los componentes principales de un sistema de cogeneración son:

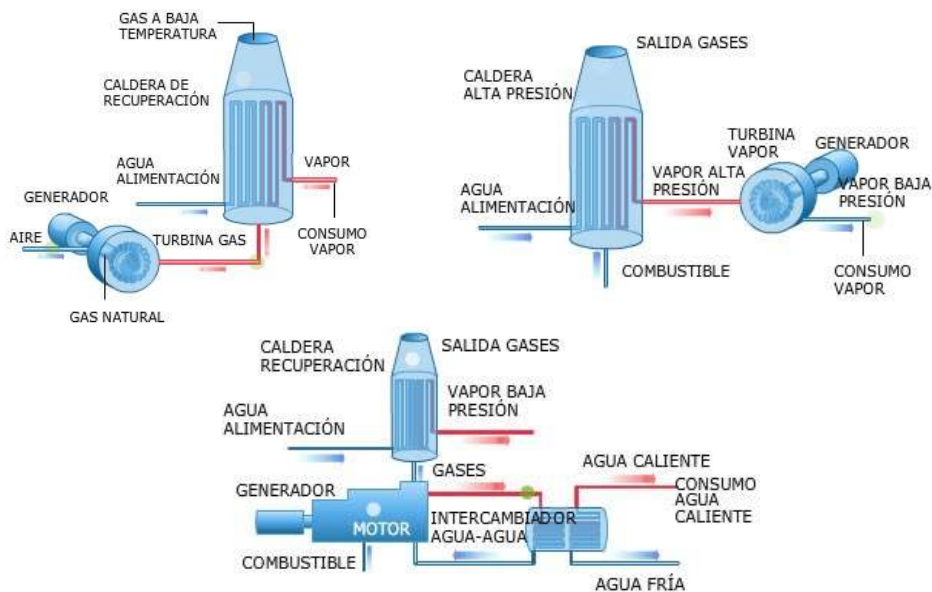


Figura 5.7. Esquema de cogeneración con turbina de gas, turbina de vapor y motor alternativo respectivamente. Fuente: EVE.

5.1.8.-Integración de Energías Renovables.

Las que inciden comúnmente en el proceso de industrias agroalimentarias son generalmente la energía solar, biomasa y geotermia.

Energía Solar Térmica

Estos sistemas captan la energía de la radiación solar mediante un colector solar por el que circula un fluido (agua con glicol), y la transfieren a un sistema para su posterior aprovechamiento para la obtención de A.C.S. Es por ello que la inclinación, la orientación de la ubicación captador y las sombras que se puedan proyectar sobre ellos, son factores determinantes para un óptimo funcionamiento.

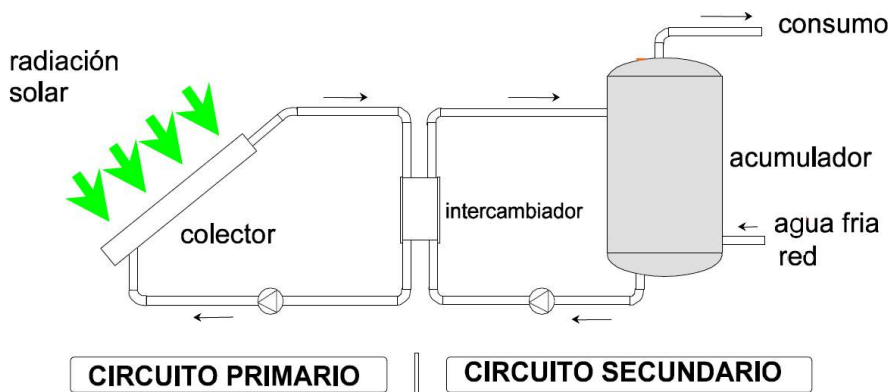


Figura 5.8. Esquema de una instalación solar térmica.

Se trata de sencillas instalaciones que pueden aprovechar espacios en deshuso como las cubiertas de las naves y permiten ahorros de combustible de hasta el 70 % con periodos de retorno entre 3 a 6 años con una sencilla instalación.

PRODUCCIÓN - RENTABILIDAD						
Industria	Tempo.	Demanda	Su. Captación	Coste aprox.	Ahorro Enero.	Ahorro económico
Almazara	45 °	500 litros/día	6,5 m ²	4.500 €	3400 kWh/año	380 €/año (P.R.S. 11 años)

Figura 5.9. Resumen técnico-económico de una instalación solar térmica real.

En España la demanda energética industrial de baja y media temperatura, es decir a temperaturas inferiores a 150°C, asciende al 23% de la demanda total de calor. La energía solar térmica puede cubrir buena parte de esta demanda en la industria agroalimentaria en aplicaciones como:

- Obtención A.C.S. para procesos de secado limpieza y desinfección.
- A.C.S. para el lavado, cocción, escaldado y limpieza de productos.
- Esterilización y deshidratación de conservas.
- Limpieza en instalaciones de sacrificio de animales.
- Esterilización, destilación, evaporación y pasteurización.

Frio Solar

La producción de frío mediante una máquina de absorción es uno de los usos más relevantes de la energía solar térmica en la industria agroalimentaria. El principio de funcionamiento se basa que dos fluidos se absorben uno a otro en distintas proporciones dependiendo de la temperatura y presión a las que se encuentren. Si uno de ellos se evapora y absorbe gran cantidad de calor de un

entorno, mediante sucesivos ciclos de expansión y condensación, pueden conseguirse temperaturas incluso por debajo del punto de congelación. La energía solar térmica se obtiene para proporcionar la energía que necesita el sistema de absorción para funcionar. Se requiere que la instalación solar trabaje con un rendimiento aceptable a las temperaturas requeridas de absorción (entre 90 y 100 °C) , lo que requiere el empleo de colectores de vacío.

Energía de la Biomasa

La utilización de residuos generados en la propia industria, para su uso térmico en calderas específicas, es una buena alternativa al uso de combustibles convencionales. Hay que tener en cuenta que la mayoría de las industrias del sector agroalimentario generan una gran cantidad de residuos biomásicos y que a su vez las instalaciones de producción energética con biomasa se abastecen de una amplia gama de biocombustibles, desde astillas hasta paja, pasando por huesos de aceituna y cáscaras de almendra.

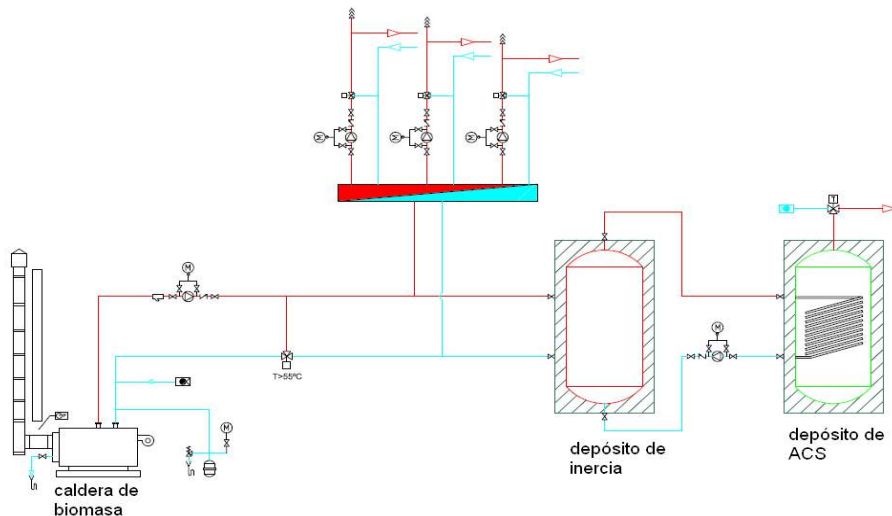


Figura 5.10. Esquema básico de una instalación térmica de biomasa.

La heterogeneidad del aprovechamiento de residuos continúa en los usos de la energía producida, pudiendo utilizarse para calefacción, agua caliente, calor para procesos industriales y generación de electricidad. En la siguiente tabla se puede apreciar los resultados de la sustitución de una caldera normal por otra de biomasa.

Consumo de gasoil a sustituir con biomasa:	210.000 litros/año
Coste de gasóleo:	147.000 €/año
Tipo de biomasa:	pellet granel
Precio de la biomasa:	140 €/Tm
Consumo anual de biomasa:	447 Tms
Coste anual de biomasa:	62.553 €/año
AHORRO ANUAL CON BIOMASA:	84.447 €/AÑO.
Coste instalación (con subvención):	53.428 €
Retorno inversión:	0,63 años

Figura 5.11. Resumen técnico-económico de una instalación de biomasa real.

Geotermia.

Los recursos geotérmicos de media y baja temperatura en forma de vapor, calor o agua caliente de las reservas geotérmicas, pueden ser empleados en aplicaciones industriales donde las instalaciones son grandes y requieren un gran consumo de energía.

Las diferentes formas de utilización de este calor incluye: procesos de calefacción, evaporación, secado, esterilización, destilación, lavado, descongelamiento y extracción de sales, etc.. Un empleo muy común de la energía geotérmica de baja temperatura es en agricultura. Las aplicaciones agrícolas de fluidos geotermales son para calefacción a campo abierto, invernaderos y piscifactorías.

5.2.- EQUIPOS DEL PROCESO.

Como ya se ha expuesto, estas medidas son más específicas para cada subsector, y se toman en función del proceso productivo y la maquinaria usada en cada caso, por lo cual, se requiere un estudio pormenorizado de cada tipo de industria y su proceso, que se realiza mediante las auditorías energéticas.

5.2.1.- Motores eléctricos.

Los motores eléctricos son los elementos más importantes de consumo de electricidad de las industrias que utilizan en sus procesos productivos. De tal forma que aproximadamente el 40% de la energía eléctrica que se consume se debe a la utilización de motores eléctricos trifásicos de inducción tipo “jaula de ardilla”. En cuanto a los costes de funcionamiento de estos equipos a lo largo de su vida útil, el precio de compra supone tan solo el 2,5% del total, mientras que el consumo energético representa el 96% de estos costes, siendo los gastos de mantenimiento solo el 1,5%. Estos datos sirven para poner de manifiesto la importancia de seleccionar un motor de alta eficiencia energética, ya que su

consumo energético es lo que realmente va a determinar su coste a los largo de su ciclo de vida.

*Existen tres **niveles de eficiencia en motores eléctricos** que se clasifican como IE1, IE2 e IE3 según la IEC (International Electrotechnical Comission) o EFF3, EFF2 y EFF1 según clasificación CEMEP (European Committee of Manufacturers of Electrical Machines and Power Electronics):*

EFF1: Motores de alta eficiencia energética.

EFF2: Motores de rendimiento mejorado.

EFF3: Motores estándar.

Sustitución de motor por otro de alto rendimiento.

A la hora de adquirir un nuevo motor eléctrico, habrá que considerar la eficiencia energética en los criterios de evaluación y selección de cada motor. Con motores de alta eficiencia energética se consigue un ahorro de energía que compensa la inversión adicional que supone comprar un motor más caro. Además del ahorro de energía, a menudo tienen una duración mayor que los motores estándar del mismo tamaño.

- Con 2000 horas/año, los motores EFF1 son siempre más económicos.
- Para tiempos cortos, los motores EFF2 son la mejor solución.

Instalación de variadores de frecuencia.

El objetivo de incorporar variadores de frecuencia en los motores de elevada utilización o potencia es ajustar, de forma continua y automática, la velocidad de giro del motor a la carga del equipo.



Figura 5.12. Motor con variador de frecuencia incorporado.

Una pequeña reducción de la velocidad puede derivar en un ahorro del orden del 25% al 30% del consumo eléctrico, e incluso más, para motores de elevada potencia y uso anual. Con estos ratios, aunque son equipos que requieren una inversión importante, se obtiene una buena rentabilidad con periodos de retorno de entre 2 y 5 años dependiendo del motor en el que se instalará el variador de frecuencia. Por otra parte, evita el desgaste del sistema con un arranque suave a baja intensidad de corriente, lo que contribuye a prolongar la vida útil del motor. Además el convertidor de frecuencia mejora el factor de potencia, por lo que se disminuyen las necesidades de baterías de condensadores para la compensación de la energía reactiva.

Motores operando en vacío.

Conviene identificar los motores que pueden apagarse cuando no están en uso, estableciendo un procedimiento que asegure el apagado de los motores en los períodos en los que no se trabaje con ellos. Los motores consumen grandes cantidades de energía aunque trabajen en vacío.

Lubricación de los motores.

Habrà que aplicar grasas o aceites de alta calidad de acuerdo a las especificaciones de fábrica para prevenir contaminación por suciedad o por agua e instalar equipos de control de la temperatura del aceite de lubricación. Una mala lubricación aumenta las pérdidas por fricción y disminuye la eficiencia.

Entorno en el que trabajan los motores.

Es importante mantener los motores bien ventilados y limpios, de acuerdo con las especificaciones de fábrica, revisando periódicamente los motores para detectar incrementos en las vibraciones o problemas en el suministro de potencia. Malas condiciones ambientales y una alta temperatura pueden afectar negativamente tanto al funcionamiento como a la vida del motor. La humedad, por ejemplo, puede deteriorar el aislamiento del motor, con la consiguiente reducción de su vida.

Cintas transportadoras.

Con reguladores electrónicos de velocidad se consigue trabajar al 100% de la carga, cualquiera que sea ésta, y que la relación carga/potencia sea la máxima en todo momento. Con sistemas de carga variable a velocidad constante, la potencia demandada varía entre el 100%, a plena carga y el 50%, en vacío. Con cargas intermedias, la potencia varía de forma lineal.

5.2.2.-Sistemas de bombeo.

En las industrias agroalimentarias es frecuente encontrar procesos de movimiento de líquidos trabajando en condiciones variables de carga. El movimiento de fluidos demanda una potencia a los motores aproximadamente cúbica con el caudal, con lo que teóricamente, reduciendo el caudal un 20%, se puede obtener una disminución del consumo energético superior al 40%.

Reguladores electrónicos de velocidad.

En el caso en el que la regulación del caudal se realice mediante marcha-paro o mediante válvulas o compuertas, es recomendable estudiar la conveniencia de utilizar reguladores electrónicos de velocidad cuando el tiempo de utilización anual sea superior a las 2.000 horas. Los reguladores de velocidad son los mejores sistemas, ya que evitan los golpes de ariete y arranque y paradas sucesivas. Además, la mayoría de los reguladores existentes en el mercado admiten modos de funcionamiento manuales o programados e incluyen protecciones para el motor contra sobreintensidad, sobretemperatura, vuelco, fallo contra desequilibrios, defectos a tierra, etc., además de ofrecer la posibilidad de realizar procesos de arranque y frenado suaves mediante rampas de aceleración y de frenado, lo que redundará en un aumento de la vida del motor y las instalaciones.

Otros sistemas son:

- **Válvula de estrangulamiento:** es la más extendida por su sencillez pero implica un aumento de las pérdidas de carga que deriva en una reducción de rendimiento de la instalación.
- **Arranque parada:** se producen golpes de ariete y es, en general, la más perjudicial para la instalación, que se avería y envejece prematuramente.
- **By pass:** evita arranques, paradas y golpes de ariete, pero no reduce la potencia demandada en ningún momento.

5.2.3.- Producción de frío.

La generación de frío (para refrigerar o congelar los alimentos) puede llegar a suponer el 50% del consumo eléctrico total y se basa en la utilización de fluidos refrigerantes en sistemas mecánicos por compresión en el 98 % de los casos. Estos sistemas están compuestos fundamentalmente por un compresor, un condensador, un evaporador, una válvula de expansión y un depósito del fluido refrigerante.

De manera general los conceptos básicos de eficiencia energética aplicables a las instalaciones de frío industrial son los siguientes:

Diseño de la instalación frigorífica. Antes de realizar una instalación hay varios puntos a tener en cuenta para conseguir una mejora energética de la instalación: adecuarla a la demanda, utilizar la máxima superficie de transmisión de calor y compresores a su máxima eficiencia (100%). Habrá que tener en cuenta que si posteriormente se realizan desviaciones respecto al diseño como ajustes incorrectos o mantenimientos deficientes, puede provocarse un aumento en el consumo de energía desproporcionado.

Agrupación de cámaras y servicios. Para servicios con distintas temperaturas de almacenamiento es recomendable agrupar dichos servicios a una central de compresores de forma que debido al coeficiente de simultaneidad con una capacidad de compresores inferior a la suma total de las cámaras de conservación, permita una instalación eléctrica más pequeña y un considerable ahorro de energía. Desde el punto de vista energético se harían al menos en tres grupos, alta, media y baja temperatura.

Subenfriamiento del líquido. En la búsqueda de aumentar el COP de la instalación, es decir, la relación entre el frío producido y el consumo de energía del compresor se puede enfriar el líquido antes de entrar en la válvula de expansión.

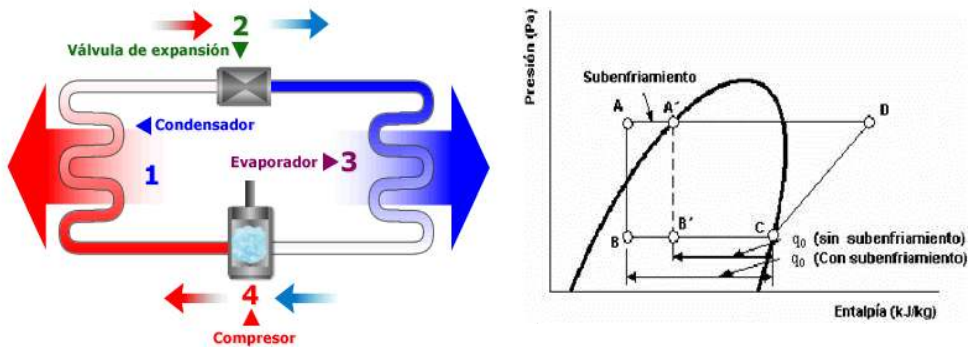


Figura 5.13. Ciclo frigorífico.

Incremento de presiones de condensación-evaporación. Disminuyendo la presión de condensación, se requiere menos esfuerzo para comprimir el vapor del refrigerante. Análogamente, aumentando la presión de evaporación, se requiere menos esfuerzo para comprimir el vapor del refrigerante, reduciendo a la vez la temperatura de descarga. La producción frigorífica se mantiene constante en ambos casos.

Compresión por etapas. Se recomienda partir el proceso de compresión en dos partes, primero hasta una presión intermedia donde se enfría el gas de descarga y se vuelve a comprimir hasta la presión de descarga con un consumo. La suma de los consumos parciales es menor que el de una compresión única. Se pueden instalar equipos de control que optimizan el encendido y apagado de las distintas etapas y/o compresores, alterando las temperaturas de arranque y parada de los mismos. El ahorro energético estimado puede llegar al 20%.

Reducir las pérdidas. El transporte de refrigerante desde el compresor a la cámara de conservación se traduce en una pérdida de carga en la aspiración, por tanto es importante reducir en lo posible dicha distancia de transporte.

Aprovechamiento del calor del condensador. Como se aprecia en la figura anterior, el condensador puede entenderse como un generador de calor que puede aprovecharse de forma útil, ya sea para obtener agua caliente sanitaria, calentar el suelo de la nave para evitar la congelación, fundir el hielo acumulado en otros evaporadores, o ayudar a calentar el agua de calefacción. El ahorro energético vendrá asociado al combustible que no se consume para producir ese calor.

5.2.4.- Producción de calor.

La producción de vapor o agua caliente tiene lugar en calderas que son alimentadas con fuelóleo, gas natural y, en menor medida, con gasóleo C. La eficiencia de las calderas suele ser del orden del 80-92% y las pérdidas de calor tanto en producción como en el sistema de distribución en la red de distribución pueden alcanzar el 15%. Por lo tanto, solo entre el 65 y el 77% de la energía térmica total del combustible puede ser utilizada en el proceso productivo.

A continuación se presentan algunas medidas de ahorro energético aplicables a las calderas, tanto si son empleadas para la generación de vapor como si se utilizan para el calentamiento de un fluido.

Cambio de combustible por gas natural. El uso de gas natural en lugar de combustibles convencionales implica una disminución de la dependencia energética del petróleo y una reducción del impacto ambiental, además de un ahorro económico por el alto precio que los combustibles derivados del petróleo están alcanzando en los últimos años.

Recuperación del calor de los humos. Puede llevarse a cabo con varios equipos, siendo los más habituales los economizadores, recuperadores y regeneradores. Con el aprovechamiento de este calor residual pueden obtenerse ahorros de un 2-5% de combustible.

Instalación de condensadores evaporativos. Los compresores frigoríficos tienen un elevado consumo eléctrico. Este consumo será tanto menor cuanto mayor sea la temperatura de evaporación del fluido refrigerante y más baja la de condensación.

La temperatura de condensación depende del equipo de condensado empleado. Así, para los condensadores evaporativos, esta temperatura puede ser hasta tres grados inferior que para el conjunto condensador tubular + torre de refrigeración. Esta reducción implicaría una disminución del consumo eléctrico de 6-8%.



CFigura 5.14. Recuperador de humos.

Fuente: SOLTERCAM

ontrol de la combustión (optimización de los parámetros de combustión). Consiste en el control de aire introducido, disminuyendo el caudal humos. Además al reducir este caudal aumenta la temperatura del hogar, por lo que el porcentaje de inquemados gaseosos disminuye. Con esta medida se podría ahorrar, según las pruebas realizadas, un 10% de combustible para las calderas de combustibles sólidos y 2,5-5% para las calderas de fuel oil y gas natural. Las pérdidas en los circuitos de agua y aire pueden suponer 20-30 %. Para reducirlas pueden realizarse revisiones periódicas, implantar deflectores e instalar motores de velocidad variable.

Recuperación del calor en purga. Consiste en expandir el agua de purgas para producir vapor y calentar el agua de alimentación de la caldera, bien directamente o a través de un intercambiador.

Recuperación de condensados. Un posible uso para los condensados sería precalentar el agua de alimentación de las calderas. En algunos sectores, mediante la aplicación de esta medida se recupera 50-60 %del vapor generado.

5.2.5.-Redes de vapor.

Uno de los medios de transmisión de calor más usados en la industria es el vapor de agua, debido a la facilidad en su producción. Por ello, los responsables técnicos han de poner mucha atención en su producción, en su transporte hasta los puntos de consumo y en su utilización, con objeto de que su utilización sea los más eficaz y eficiente posible. Algunas de las recomendaciones son:

Calorifugar tuberías y accesorios. Como se trató anteriormente en la presente guía, el aislamiento térmico en tuberías calientes que carecen de éste, sobre todo en aquellas con temperaturas superiores a 100°C. A medida que es más alta la temperatura en la tubería y/o a medida que se incrementa la presión del vapor, más rentable es la implementación, además de que esto resulta en protección para el personal.

Además de pérdidas energéticas, la carencia de aislamiento térmico en las tuberías de vapor ocasionan otros problemas, tanto operativos como de seguridad laboral: condensación excesiva, golpes de ariete en las líneas, una mayor corrosión debido a la condensación, mayor demanda de vapor para compensar la condensación formada y superficies expuestas con posibilidad de quemadura directa del personal.

Reducción de fugas de vapor en tuberías. Uno de los problemas que se presenta en el sistema de distribución de vapor, en las líneas de vapor, válvulas, bridas, uniones, tanques de proceso, intercambiadores de calor, serpentines, etc., es la presencia de fugas de vapor. La reparación de estas fugas, proporciona un importante ahorro de energía, dado que el vapor tiene un alto valor energético, pero por otro lado, evita que se desperdicie agua tratada y se reduce el riesgo laboral.

*Si el vapor es producido en una caldera de gasóleo, que funciona durante 4.500 horas al año con un rendimiento de 82 %, y el agua de alimentación a caldera entra a 90 °C, el **ahorro obtenido al eliminar las fugas de vapor**, es de aproximadamente **90.000 kg/año de combustible**.*

Recuperación de condensados. Recolectar y aprovechar los condensados del vapor es una de las medidas más importantes de mejora del circuito de vapor, ya que se ahorra energía y agua tratada. Por consiguiente se reduce el consumo de combustible en la caldera y se ahorra en el tratamiento químico del agua. En la práctica, se ha visto que se alcanzan ahorros de 0.1% al 5.8% con respecto al consumo de combustible de la caldera, lo cual representa con el costo de implementación asociado, un periodo de retorno simple de la inversión de 2 años.

Sustitución de purgadores. El purgador es una válvula automática instalada en una conducción de vapor para eliminar los condensados. Es importante que los purgadores funcionen con alta fiabilidad, ya que el efecto de los condensados o el aire sobre las superficies de intercambio de calor reduce el coeficiente de transmisión global. Además, ciertos gases como el CO₂ y O₂ en el vapor producen la corrosión del metal. Las incursiones de aire en los conductos del vapor originan problemas como:

- Pérdidas de carga adicionales.
- Disminución del volumen útil.
- Interferencia en la transmisión de calor.
- Disminución de la presión parcial del vapor.

Por todo esto es importante eliminar el aire de las conducciones:

- Impidiendo que entre.
- Empleando desgasificadores.
- Empleando medios mecánicos como los purgadores.

Con estas actuaciones se pueden alcanzar ahorros del 0,4% al 6,1% en el consumo de combustible de la caldera y por consiguiente un ahorro de energía del 2,1%. El coste de implementación tiene un periodo de retorno simple de alrededor de un año.

Reducir la presión de generación de vapor. Esta recomendación no conlleva alta inversión, pero sí un buen control de las operaciones, mediante monitorización de aquellas que lleguen a ser críticas, y la capacitación del personal de planta encargado de llevar a cabo este control. Los ahorros se encuentran entre un 0,3% y un 1,3% con respecto al consumo de combustible en la generación de vapor y el período simple de recuperación de la inversión es inmediato, ya que las inversiones son bajas o nulas.

5.2.6.-Sistemas de aire comprimido.

Aplicaciones como las llenadoras, en el vaciado del producto contenido en las tuberías y en el agitado de los depósitos de almacenamiento, etc. hacen imprescindible el uso de compresores de aire en el sector. Dado que el rendimiento mecánico de estos equipos es bajo, habrá que tratar que el compresor trabaje en perfectas condiciones para obtener una alta eficiencia del sistema. Las medidas de ahorro energético más interesantes para este tipo de instalaciones son:

Enfriar la toma de aire de los compresores. El rendimiento volumétrico del compresor mejora al entrar un aire más denso, por lo tanto, el compresor trabaja más eficientemente y da lugar a una reducción del consumo. Es decir,

para un mismo volumen de compresión, más cantidad de aire será comprimida, por lo tanto, aumenta el rendimiento de los compresores.

Si se instala un enfriador para bajar la temperatura del aire de aspiración de 35 a 15 °C, el consumo eléctrico de los compresores se reduce en un 5,9 %.

Eliminar las fugas de aire comprimido. Un aspecto muy importante a tener en cuenta en la red de aire comprimido es el de las fugas. Un mal estado de conservación de la red puede traducirse en pérdidas de hasta un 30%. Por tanto, es de gran importancia eliminar al máximo las fugas para evitar perder esta energía.

Recuperar el calor de refrigeración de compresores. Tan sólo un 5% de la energía que absorbe el compresor queda asociada en forma de energía térmica al aire comprimido. El resto, pasa de una forma u otra al ambiente, por lo que la recuperación de calor de compresores constituye una operación interesante desde el punto de vista energético. Por ejemplo para calefactar la nave o para procesos de secado.

Diámetro del orificio (mm)	Pérdidas de aire a 6 bar (l/seg)	Potencia Consumida (kW)
1	1,17	0,30
3	10,00	3,10
5	27,50	11,20
10	109,17	44,00

Figura 5.15. Pérdidas de caudal de aire y potencia por fuga. (6.500 h/año).

Mantener la presión mínima en la red de aire comprimido. Elevadas presiones de operación potencian las fugas e incrementan el consumo innecesario de energía y por tanto los gastos asociados sin aumentar la eficiencia de la producción. Asimismo, disminuyen la vida útil de las herramientas y componentes neumáticos del proceso. Hay que tratar que la presión de la red de aire comprimido sea lo más cercana posible a la de proceso.

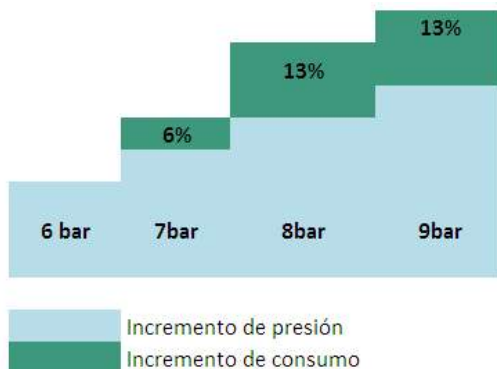


Figura 5.16. Relación entre el consumo energético y la presión en el uso del aire comprimido.

Evitar que los compresores trabajen en vacío. Cuando un compresor de tornillo trabaja en vacío, consume de media el 45% de su potencia nominal en carga. Por otra parte, el trabajar en vacío supone un mayor consumo de energía reactiva, con la consiguiente incidencia en el costo del kWh. Por lo tanto, cabe la posibilidad de analizar una posible desconexión de estos equipos cuando trabajen en vacío, en función del número de arranques y paradas que tendría que soportar el motor.

6. Resultados

Una vez se han detectado las posibilidades de mejoras energéticas, estas deben ser evaluadas económicamente con el fin de determinar su viabilidad. Previamente a abordar el análisis económico de un proyecto de mejora energética se requiere caracterizarla, definiendo aspectos tales como;

- Consumo energético actual (kWh/año)
- Consumo energético futuro (kWh/año)
- Coste actual (€)
- Coste futuro (€)
- Ahorro económico anual (€/año)
- Inversión Total (€)
- Periodo de retorno global (años)

El grado de detalle del análisis económico depende de la cuantía de la inversión y de los recursos financieros disponibles. Por último, se estudiará la estructura de la oferta de financiación a la que puede acceder la empresa.

7. Bibliografía

- [1] ENTE REGIONAL DE LA ENERGÍA DE CASTILLA Y LEÓN. Plan de Asistencia Energética en el Sector Lácteo. Junta de Castilla y León. 2008
- [2] AEIDE. Manual de Auditorías Energéticas. Comunidad de Madrid. 2003
- [3] JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN. Manual Técnico Sobre Ahorro y Eficiencia Energética en Climatización de Naves Industriales. 2010.
- [4] JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN. Manual Técnico de Diseño y Cálculo de Redes de Vapor. 2010.
- [5] FECOAM. Manual de ahorro y eficiencia energética del sector. 2011.
- [6] COLEGIO OFICIAL DE PERITOS E INGENIEROS TÉCNICOS INDUSTRIALES DE BADAJOZ Y CÁCERES. Apuntes Sobre Nuevas Oportunidades de Desarrollo Profesional. 2010.
- [7] FENERCOM. Guía de Ahorro Energético en Instalaciones Industriales. Comunidad de Madrid. 2006.
- [8] INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA. Encuesta de Consumos Energéticos. 2011.

Títulos publicados de la serie

“Eficiencia Energética y Energías Renovables en la Frontera Hispano-Lusa. 2014”:

- 1. CULTIVOS ENERGÉTICOS EN EXTREMADURA.
- 2. EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EMPRESAS DEL SECTOR AGROALIMENTARIO.
- 3. SERVICIOS ENERGÉTICOS.
- 4. APROVECHAMIENTO DEL RESIDUO GANADERO.
- 5. DISEÑO DE CENTROS SANITARIOS EFICIENTES.
- 6. MANTENIMIENTO EFICIENTE DE EDIFICIOS.
- 7. LA MOVILIDAD EN BADAJOZ.
- 8. OFERTA Y DEMANDA DE TRANSPORTE EN EXTREMADURA.
- 9. FORMACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES EN EXTREMADURA.

