



gasNatural
fenosa

09

Manual de eficiencia energética para pymes
**Fabricación de aceites y grasas vegetales
y animales**

CNAE 10.4



present

Manual de eficiencia energética para pymes

El IDAE, como miembro del patronato de la Fundación EOI, no puede menos que felicitar a la misma por la oportunidad en la edición del presente **Manual de eficiencia energética para pymes**. La volatilidad registrada por los precios energéticos durante buena parte del año pasado ha continuado también en 2008, y a ella se ha añadido una crisis financiera mundial que afecta al conjunto de la economía. Por ello, la mejora de la eficiencia energética como instrumento de apoyo a la competitividad es básica en nuestro actual tejido industrial.

El tejido empresarial español cuenta con mayor presencia de las pequeñas y medianas empresas (pymes) que en la Unión Europea, ocupando al mismo tiempo un mayor volumen de empleo: de un total de 3,3 millones de empresas, el 99,9% son pymes que representan el 82% del empleo empresarial. La economía española es, por lo tanto, una economía de pymes, en la que, además, el tamaño medio empresarial es reducido: 6,6 trabajadores por empresa.

Si a esta situación habitual de las pymes españolas se añade la actual coyuntura económica, el resultado es un incremento en la fragilidad de este tipo de compañías. En este contexto, mejorar su nivel de innovación, tanto tecnológica como no tecnológica, su productividad y su competitividad se convierte en la estrategia apropiada que permitirá la persistencia y adaptación de nuestras pymes a los nuevos entornos y desafíos planteados por unos mercados cada día más globalizados.

La energía es un bien que incide directamente sobre el desarrollo de la sociedad. A su vez, el desarrollo constituye un factor fundamental de seguridad, en tanto que aporta estabilidad, cohesión social y una mejor o peor posición estratégica. El sector industrial, en general, y las pymes, en particular, han venido mostrando históricamente un gran interés en la utilización efectiva de la energía. Baste decir que desde el comienzo de las primeras crisis energéticas, en la década de los años 70 del siglo pasado, el sector mejoró su intensidad energética en un 7%, gasificando sus suministros energéticos en detrimento de los productos petrolíferos, 55% del consumo industrial en 1973 frente al 11% en 2007, y, en menor medida, el carbón, 19% del consumo industrial en 1973 frente al 8% en 2007.

Pese a estas mejoras en los consumos energéticos, los primeros años del presente siglo muestran cierta saturación en lo que a incrementos de eficiencia energética se refiere. Si se añaden a la reciente evolución de la intensidad energética, prácticamente estabilizada desde el año 2000, la actual coyuntura económica y la alta volatilidad de los precios energéticos, se hace necesario incrementar las actuaciones que permitan continuar aumentando la eficiencia energética de las pymes.

Las mejoras de los procesos productivos, con la incorporación de tecnologías más eficientes y sostenibles, la renovación de equipamientos obsoletos y la adecuada gestión de los procesos y servicios productivos serán los ejes básicos de actuación que conducirán a una disminución de las intensidades energéticas.

taación

La incorporación de estas actuaciones al mercado cuenta, desde las administraciones públicas, con un conjunto de herramientas específicas destinadas a ayudar a las pymes a mejorar su competitividad a través de un mejor, más racional y sostenible uso de la energía.

La Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012 (E4), aprobada por el Consejo de Ministros de 28 de noviembre de 2003, establece el marco de desarrollo para las actuaciones de eficiencia energética en el periodo 2004-2012. El desarrollo de la E4 se implementa a través de los planes de acción para el pasado periodo 2005-2007 y el actualmente vigente 2008-2012, así como el Plan de Activación 2008-2011, recientemente aprobado por el Gobierno. En conjunto, la E4, sus planes de acción y el plan de activación tienen como objetivo lograr un ahorro energético, en términos de energía primaria, de cerca de 88 millones de toneladas equivalentes de petróleo, de las cuales al sector industrial le corresponden alrededor de 25. Para ello, el Plan de Acción 2008-2012 proveerá de unos incentivos públicos de 370 millones de euros, equivalentes a una intensidad de ayuda del 22%, a las inversiones para la mejora de la eficiencia energética que se realicen en el sector industrial, que se estima que alcancen un volumen de 1.671 millones de euros.

La incorporación de tecnologías renovables al mercado empresarial dispone de un instrumento adicional de apoyo: el Plan de Energías Renovables 2005-2010, aprobado por el Consejo de Ministros de 26 de agosto de 2005. Los usos térmicos finales de las pymes y empresas de comercio y servicios cuentan en este plan con un marco de apoyo a la diversificación energética sostenible a través, básicamente, de las tecnologías de biomasa térmica y solar térmica de baja temperatura.

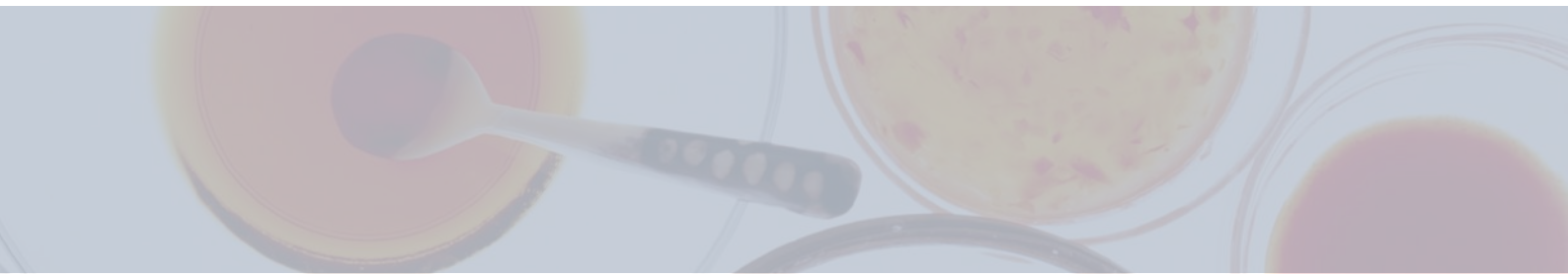
Desde el prisma de la innovación tecnológica, el instrumento por excelencia es el Plan Nacional de I+D+i que tiene como objetivo, entre otros, situar España a la vanguardia del conocimiento, promoviendo un tejido empresarial altamente competitivo.

A las anteriores actuaciones y herramientas se añade el presente **Manual de eficiencia energética para pymes**, que deberá convertirse en una guía básica que oriente a las empresas sobre las posibles actuaciones energéticas existentes que les permitan mejorar sus productos y procesos, aumentando la competitividad de las mismas.

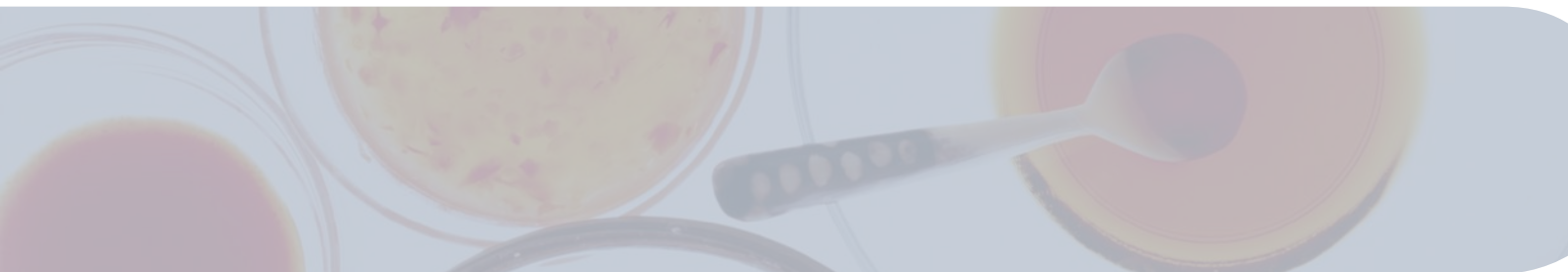
Es de agradecer la dedicación de la Fundación EOI y del Centro de Eficiencia Energética de Gas Natural Fenosa en la elaboración de este **Manual de eficiencia energética para pymes** que, estamos seguros, redundará en beneficio, no solo del tejido empresarial del país, sino también de la sociedad en su conjunto, posibilitando un consumo energético responsable y sostenible.

.....

Índice



0. Introducción	6
1. Identificación de los procesos y tecnologías aplicadas	8
1.1. Proceso de recepción y preparación del fruto	8
1.2. Proceso de molturación	8
1.3. Proceso de extracción	8
1.4. Proceso de refinado	10
1.5. Almacenamiento	12
1.6. Envasado y distribución	12
1.7. Análisis de consumos energéticos	13
2. Ineficiencias energéticas	15
2.1. Ineficiencias en equipos eléctricos	17
2.2. Sistemas de iluminación	17
2.3. Ineficiencias térmicas	18
2.4. Facturación energética	19



3. Mejoras tecnológicas y de gestión que favorezcan la eficiencia energética	19
3.1. Mejoras en el consumo térmico	19
3.2. Cambios en calderas	19
3.3. Mejoras en el consumo eléctrico	20
3.3.1. Motores eléctricos	20
3.3.2. Bombas y ventiladores	21
3.3.3. Sistemas de aire comprimido	22
3.3.4. Instalaciones eléctricas	22
3.3.5. Sistemas de iluminación	23
3.3.6. Tarifa eléctrica	23
3.3.7. Automatizadores de proceso	23
3.4. Sistema de cogeneración	24
3.5. Revisión de procesos	25
3.6. Buenas prácticas de gestión	26
4. Bibliografía	26

.....

0 Introducción

De acuerdo a la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012 (E4), Plan de Acción 2008-2012, durante el periodo 2000-2005, el sector industrial habría tenido un consumo de energía final menor que el inicialmente previsto en el escenario base de la E4. Sin embargo, este consumo de energía no ha hecho reducir la intensidad energética del sector, sino que, por el contrario, ha ido aumentando, pasando de un valor de 155,3 tep/M€2000 en el año 2000 a un valor de 164,7 tep/M€2000 en el año 2005, lo que implica un crecimiento medio anual en el periodo 2000-2005 del 1,2%. La mayoría de los sectores experimentaron crecimiento. En concreto, el sector de alimentación y bebidas, donde se sitúa el subsector aceites y grasas, aumentó en dicho periodo un 3,4%. De acuerdo a los datos del Instituto Nacional de Estadística (INE) en 2005, el sector de alimentación sería responsable en torno al 14% del total de consumo energético industrial, destacando su peso respecto del consumo de gasóleo y fueloil, donde su participación se sitúa en torno al 20% del consumo energético.

Las empresas de alimentación y bebidas, con el 17% del total de la producción industrial, constituyen el primer sector de la industria manufacturera en España, aportando el 12% del valor añadido y empleando casi al 14% de la mano de obra. La industria alimentaria española contaba en 2007 con 31.492 empresas, frente a 31.847 en 2006 (lo que representa una reducción del 1,11%). El sector de aceites registraba un ligero descenso en cuanto al número de compañías, perdiendo nueve, hasta las 1570 empresas, suponiendo el 5% del total del sector alimentación. El año pasado este subsector perdía peso respecto a su participación en la producción alimentaria (0,22 puntos porcentuales).

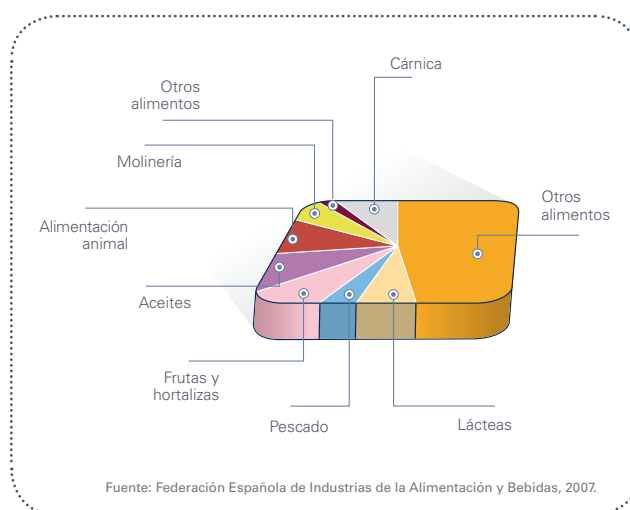
Dentro de la industria agroalimentaria, el aceite de oliva es uno de los productos más representativos de nuestra producción y exportación. España es el primer país productor mundial de aceite de oliva, con una producción media anual de 700.000 t - 800.000 t (llegando a alcanzar 1.400.000 t). Contamos con más de 300 millones de olivos que cubren más de dos millones de hectáreas, con lo que su superficie cultivada representa más del 25% de la superficie olivera mundial. España es también el primer país exportador mundial, con una media anual en los últimos 10 años de unas 300.000 t exportadas aproximadamente, alcanzando las 600.000 t en algunas campañas. En España se cuentan más de 260 variedades de olivo que dan lugar tanto a aceites mono-varietales como a mezclas que permiten, al igual que en los grandes vinos, asociar las cualidades y sabores complementarios de distintas variedades.

Tabla 1. Número de industrias del sector alimentación y bebidas por subsectores.

	2005	2006	2007
Alimentación y bebidas	31.824	31.847	31.492
Cárnica	4.479	4.469	4.414
Pescados	803	808	782
Frutas y hortalizas	1.358	1.382	1.411
Aceites	1.572	1.579	1.570
Lácteas	1.664	1.643	1.670
Molinería	793	775	731
Alimentación animal	912	911	900
Otros alimentos	15.206	15.129	14.829
Bebidas	5.037	5.151	5.185

Fuente: Federación Española de Industrias de la Alimentación y Bebidas, 2007.

Figura 1. Distribución porcentual por subsectores de empresas de alimentación y bebidas.



Con todo, este subsector tiene una elevada importancia en la economía nacional. El subsector "Fabricación de Grasas y Aceites Vegetales y Animales", actualmente está compuesto por 1.748 empresas. Estos establecimientos industriales corresponden a los apartados de aceites y grasas sin refinar, fabricación de grasas y aceites refinadas y fabricación de margarinas y grasas comestibles similares. La distribución geográfica de

centros productivos es muy diversa, estando la mayor concentración de estos en Andalucía con 870 empresas, seguida de Cataluña (191 empresas), Castilla-La Mancha (182 empresas), Comunidad Valenciana (140 empresas) y Extremadura (119 empresas).

A la hora de delimitar el alcance del sector de aceites y grasas, de acuerdo a la clasificación 10.2 CNAE 2009, diferenciaríamos varias actividades económicas:

- Fabricación de aceite de oliva (con y sin refino).
- Fabricación de otros aceites y grasas vegetales sin refino.
- Fabricación de aceites y grasas animales no comestibles.
- Fabricación de margarina y grasas comestibles.

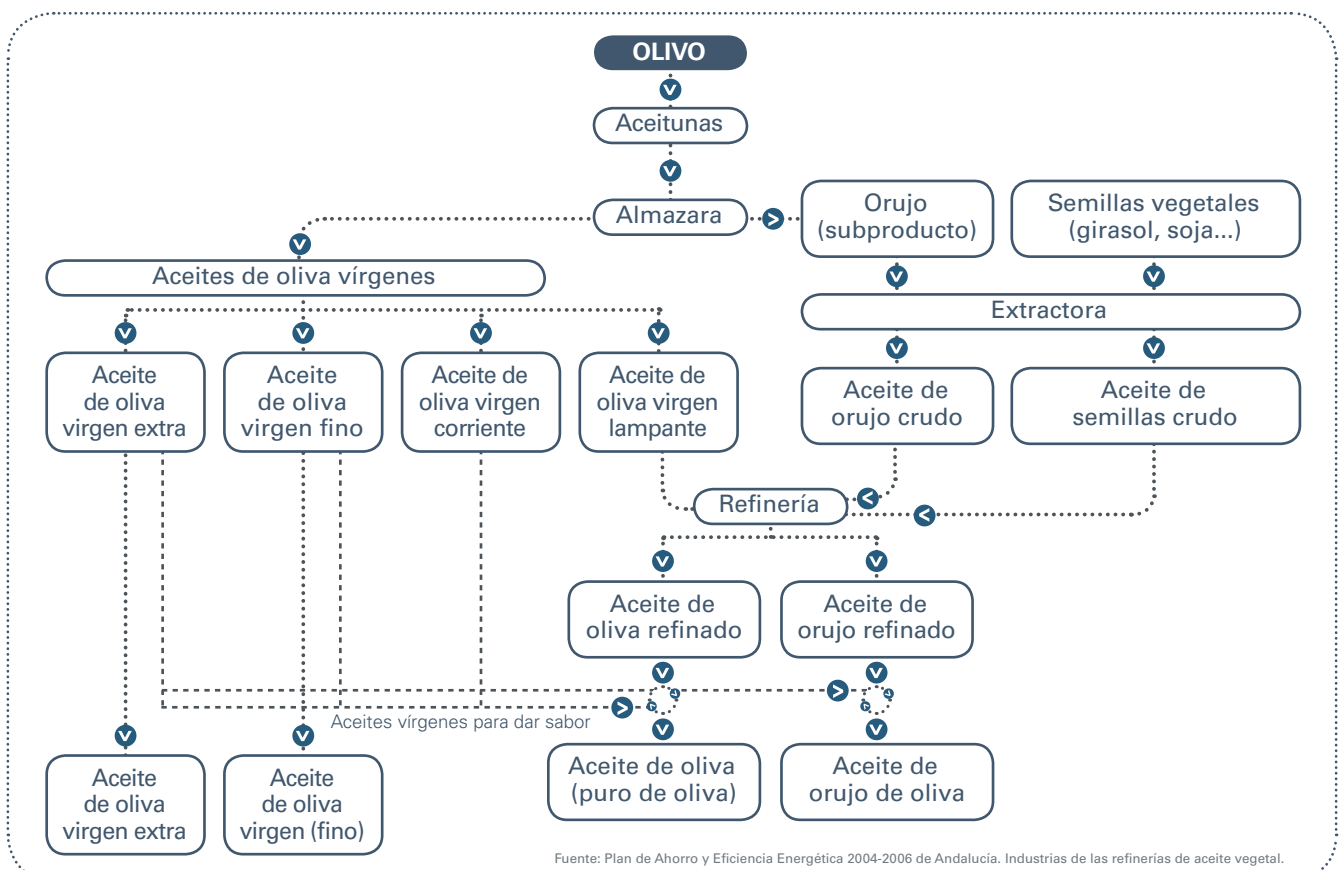
Diferenciamos aquellos aceites y grasas vegetales destinados principalmente a la alimentación humana (también como alimentos para el ganado, fines medicinales, aplicaciones técnicas, etc.), obtenidos a partir de

frutos y semillas, de aquellos para aplicaciones técnicas o combustibles, obtenidos del petróleo.

Por representatividad del sector aceites, el análisis se focaliza en el proceso de producción de aceite de oliva. En términos de procesos implicados, hay que distinguir los aceites vírgenes de los refinados. Los aceites vírgenes son los extraídos mediante prensado en frío (no más de 27 °C), conservando el sabor de la fruta o semilla de la que son obtenidos. Los refinados son aquellos sometidos al proceso de refinado y desodorizado para aumentar la producción de determinados productos que si fuesen sometidos a una simple presión en frío para obtener un aceite virgen no resultarían rentables económicamente o bien para modificar aceites que no son aptos para el consumo humano.

Debe tenerse en cuenta que los procesos principales: molidura, extracción, refino y envasado, pueden realizarse por separado o bien en una misma fábrica. Así, en las fábricas donde se refina aceite vegetal se suele realizar más de una actividad, por lo que no es infrecuente que las refinadoras cuenten a su vez con almazaras, extractoras de semillas y de orujo o la mayoría con envasadoras.

Figura 2. Tipos de aceite de oliva y orujo.



Fuente: Plan de Ahorro y Eficiencia Energética 2004-2006 de Andalucía. Industrias de las refinadoras de aceite vegetal.

1 Identificación de los procesos y tecnologías aplicadas

A grandes rasgos, los procesos implicados en la fabricación de aceites y grasas son la recepción y preparación, molturación, extracción, refinado, almacenamiento y envase. Para el análisis de los mismos, acudimos al procedimiento de elaboración de aceite de oliva, representativo de las etapas y tecnologías aplicadas.

1.1. Proceso de recepción y preparación del fruto

Comienza con la recolección de la aceituna y su traslado hasta las instalaciones para su tratamiento (tradicionalmente almazaras). La recepción del fruto en la almazara puede tener una gran influencia en la calidad del aceite, por lo que se clasifican partidas según estado, destino, tiempo de almacenamiento, etc. Un factor a considerar es el tiempo transcurrido entre la recogida y su elaboración, pues el aceite de calidad requiere un periodo no mayor de 24 h.

Tras el control de calidad, se descargan en tolvas de recepción, desde donde se transporta la aceituna hasta el siguiente elemento de la instalación por medio de una cinta elevadora. Seguidamente se procede al cribado y lavado para la separación de tierra, piedras, hojas, tallos, hierros y otros elementos extraños que acompañan al fruto por la acción combinada de cribas y ventiladores. De manera electrónica y continuada se controla el peso de la aceituna ya limpia, en grandes tolvas metálicas (con capacidad para unos 50.000 kg) son almacenadas para controlar y poder ajustar la capacidad de trabajo. Durante todo este subproceso de limpieza, lavado y pesado de la aceituna se controlan muestras homogeneizadas que permitan estimar el rendimiento graso.

1.2. Proceso de molturación

Comienza con la molienda de la aceituna. El procedimiento de molienda tradicional era realizado en un mortero o molino de rulo, donde se trituraba para romper los tejidos en los que se encuentra el aceite pero sin romper el hueso. En la actualidad se emplean aparatos de cilindro metálicos que actúan por compresión. Un factor importante es el grado y uniformidad de la molienda. La aceituna llega a unos tolvinos que regulan su caída dentro del molino de martillos, donde giran en sentido diferente criba

y martillos, comprimiendo la aceituna y siendo triturada, rompiéndose tanto los tejidos de la piel y pulpa como el hueso del fruto, comenzándose a liberar la materia grasa existente. Obtenida la pasta derivada de la molturación, se procede al batido de la misma. Tradicionalmente, mediante palas de manera lenta y continuada en recipientes semicilíndricos o semiesféricos. En la actualidad, en el batido de la masa la pasta resultante se somete a un enérgico batido, acompañado de un aporte de calor que eleva su temperatura hasta unos 28 °C - 34 °C. De este modo, la pulpa se rompe un poco más y continúa liberando gotitas de aceite (dilacerado) que se van uniendo entre sí gracias a la elevación de la temperatura.

1.3. Proceso de extracción

Posteriormente, se procede a la extracción del aceite, pudiendo diferenciar dos sistemas, el tradicional por presión o el de centrifugación:

- En el sistema tradicional, discontinuo por presión, se usan grandes prensas hidráulicas en las que se realiza la separación del mosto oleoso (aceite y agua de vegetación) del orujo, para posteriormente decantarla en pozos. El resultado final es la producción de aceite virgen de oliva; de un subproducto con valor económico, orujo, y de un residuo líquido altamente contaminante, alpechín.
- En la actualidad, en la industria de elaboración del aceite, la pasta ya batida es centrifugada por procedimientos mecánicos. Exige disponer de tecnología capaz de separar y decantar el aceite por acción de la fuerza centrífuga. Este sistema presenta ventajas frente al tradicional por presión, como son la mejor calidad del aceite al emplear tecnología más limpia, pues las máquinas se construyen con acero inoxidable, o que éste permanece menos tiempo en contacto con los subproductos y residuos del proceso y que el rendimiento industrial es más elevado. Esto, unido a unos costes de producción más bajos, hace que las ventajas económicas del sistema de centrifugación de masas sean notables, a pesar de que su implantación requiere una inversión inicial superior.

La centrifugación de masas actual tiene dos variantes según se realice en dos o tres fases.

En la centrifugación en tres fases se añade agua caliente en el decantador centrífugo horizontal (decánter), y éste



separa la masa en tres fases: aceite, orujo y alpechín. El alpechín es el agua de vegetación que contenía la aceituna junto a cierta cantidad de agua añadida, se obtiene de la separación del aceite por medio de decantación o de centrifugación. El orujo es la parte sólida, y está formada por huesos, pieles y pulpa de aceituna.

En la centrifugación de masas en dos fases no se añade agua caliente, se dosifica mediante una bomba volumétrica y se introduce por una decantadora (decánter) centrífuga horizontal que, de forma continua y por efecto de la fuerza centrífuga, separa la masa en dos fases: aceite y orujo.

- **Aceite.** Fase líquida, que es la principal del proceso y contiene algunos residuos sólidos (finos) y humedad, compuestos, estos, que se eliminan en las siguientes fases.
- **Orujo.** Contiene la materia sólida de la aceituna (hueso, pulpa y piel), el agua de vegetación y aceite residual. Esta fase, que es un subproducto del proceso, se transporta por un sinfín hasta las tolvas de almacenamiento de orujo.

En el sistema en dos fases, la mezcla obtenida del batido de la molienda se centrifuga directamente, y los residuos sólidos y líquidos de la molienda salen juntos (alperujo). El residuo obtenido resulta más difícil de gestionar, ya que un 75% es agua y para deshidratarlo hay que aplicarle temperaturas muy altas, del orden de los 1.200 °C. Por el contrario, es un proceso de obtención de aceite que utiliza mucha menos agua.

Las ventajas de la centrifugación en dos fases son varias:

- No se añade agua caliente a la masa antes de su entrada al decantador centrífugo horizontal (decánter), lo que supone un ahorro de agua y energía.
- El decánter separa la masa en dos fases: aceite, con algunas impurezas, y orujo (sólidos y agua de vegetación), con aceite residual. No se generan alpechines, la tercera fase que aparece en la centrifugación de masas en tres fases y que supone un gravísimo problema medioambiental por su gran poder contaminante y las dificultades que presenta su eliminación o depuración.
- El rendimiento en aceite de la aceituna, siempre que se produzca un adecuado manejo de la instalación, es superior al desaparecer las pérdidas que implica el alpechín. Por otra parte ya es innecesario el subproceso de fabricación dedicado al tratamiento del alpechín (tamizado, bombeo, centrifugado, almacenamiento en balsas). Todo esto supone un ahorro en inversión y menores costos de fabricación.

El principal problema que supone el sistema de centrifugación de masas en dos fases es que, debido a un incorrecto manejo de la instalación, o bien a la existencia de aceitunas que por sus características varietales, climatológicas u otras presenten dificultades durante la extracción, se pueden producir orujos con un contenido en aceite elevado. Sin embargo, debida a sus características de humedad, textura, granulometría, etc., los orujos del proceso de dos fases pueden ser centrifugados por segunda vez en un decánter, produciendo en este repaso una cantidad de aceite de oliva que hace esta operación rentable, a la vez que se reduce el riesgo de pérdidas de aceite en el orujo.

Posteriormente se procede al tamizado del aceite. El aceite procedente del decánter se filtra en un tamiz vibratorio que retiene las materias sólidas que contiene (finos) y son recicladas volviendo a la operación de batido. El aceite tamizado cae a un depósito de acero inoxidable desde donde se bombea posteriormente.

Tras el tamizado, se centrifuga el aceite, ya que aún contiene algunas impurezas. La centrifugadora vertical separa el aceite en dos fases, aceite (libre ya de compuestos extraños) y agua de lavado. El aceite obtenido sale un poco emulsionado y con humedad de las centrifugas. Para solucionar estos problemas se somete a una pequeña decantación por gravedad antes de almacenarlo en una batería de aclaradores de acero inoxidable. Ya decantado, el aceite se bombea hasta la bodega, compuesta por depósitos de acero inoxidable de 50 t/ud de capacidad, donde se guarda clasificado por calidades en recipientes de acero inoxidable y en condiciones adecuadas (temperatura, humedad, etc.) para conservar su calidad.

Para la extracción del aceite de oliva a partir del orujo, el orujo procedente del decánter que ha sido almacenado en las tolvas de orujo se somete a un nuevo batido, acompañado de un aporte de calor que eleve su temperatura hasta unos 35 °C - 40 °C, para conseguir que se libere parte del aceite que aún queda en él. Posteriormente, y al igual que la extracción del aceite, se ejecuta el batido, separándose aceite y nuevamente orujo. El aceite, de menor calidad que el obtenido en el primer proceso de extracción, sigue un tratamiento posterior similar, mientras que el orujo, ya agotado al máximo su contenido graso, se transporta por un sinfín hasta una tolva de almacenamiento para su traslado a una industria extractora de aceite de orujo.

Seguidamente, el aceite precedente del decánter se filtra en un tamiz vibratorio que retiene las materias sólidas que contiene (finos) y son recicladas volviendo a la operación de batido. El aceite tamizado cae a un depósito de acero inoxidable desde donde se bombea posteriormente. El aceite tamizado, que aún contiene algo de alpechín, es sometido a otra decantación en una centrifuga horizontal que separa el aceite en dos fases, aceite libre ya de compuestos extraños y aguas de lavado. El aceite obtenido sale un poco emulsionado y con humedad de las centrifugas, por lo que se somete a una pequeña decantación por gravedad antes de almacenarlo en una batería de aclaradores de acero inoxidable. Se bombea hasta la bodega, donde se reserva separadamente del aceite de primera extracción.

1.4. Proceso de refinado

Tiene como objetivo, hacer comestibles los aceites vírgenes no aptos por su acidez o por sus características organolépticas y los provenientes del aceite de orujo. Los aceites crudos son almacenados en grandes tanques de acero inoxidable, estos aceites contienen tocoferoles, gomas y otros antioxidantes naturales. Pero el grado de acidez libre que presenta unido a aquellas sustancias naturales como aldehídos, alquenos, butenos... lo hacen poco comestible y es necesario refinarlos.

La refinación del aceite crudo puede hacerse según dos subprocesos distintos: refinación física y refinación química.

La principal diferencia radica en la forma de realizar la eliminación de los ácidos grasos libres presentes en el aceite: en la refinación química se neutralizan los ácidos grasos empleando una base (hidróxido sódico), mientras que en la refinación física se eliminan mediante destilación al vapor de estos ácidos.

En general, la refinación física tiene mejores rendimientos en la producción que la alcalina, debido a las pérdidas de aceite neutro que se queda retenido en la pasta tras la etapa de neutralización del proceso químico, a la baja eficiencia de la separación centrífuga por la formación de emulsiones, y a la reacción de la sosa con los glicéridos del aceite (saponificación parásita).

Descripción de las etapas del proceso de refinación:

- **Desfangado:** Eliminación por centrifugación de las materias sólidas presentes en la suspensión.
- **Desgomado:** Tratamiento del aceite con agua y/o ácido fosfórico, eliminando los fosfolípidos o gomas que se forman.
- **Decoloración:** El aceite se mezcla con tierras absorbentes (arcillas naturales absorbentes o activadas, o carbón activo) y el conjunto pasa a un filtro, donde se separa el aceite decolorado de la tierra.
- **Refinación física o desodorización:** Es la etapa que caracteriza y diferencia este proceso del químico. Consiste en, además de retirar sustancias de mal sabor u olor, eliminar los ácidos grasos libres por destilación a vacío con arrastre de vapor. Este subproducto se condensa y se destina a la fabricación de jabón, sin necesidad de tratamiento posterior.

- **Winterización:** Consiste en un enfriamiento rápido del aceite (a unos 5 °C), durante 24 h, para eliminar los glicéridos de alto punto de fusión. Al retirar estos compuestos se evita que, en lugares de ambientes fríos, precipiten, lo que daría un aspecto turbio al aceite.
- **Filtración:** El aceite pasa por un filtro que retiene los cristales que se han formado durante la etapa de enfriamiento.
- **Almacenamiento:** El producto terminado se almacena y de ahí pasa a la planta envasadora o se vende directamente a granel.

Excepto la etapa de neutralización o refinación física, el resto de etapas serían comunes a la refinación química. La diferencia estriba en cómo eliminar los ácidos grasos libres. En el proceso alcalino, la separación de los ácidos tiene lugar entre el desgomado y la decoloración del aceite, y no lleva implícito la desodorización del

producto, que tiene lugar tras la etapa de decoloración, tal y como ocurre en la refinación física. La etapa de neutralización en el proceso químico consiste en tratar los ácidos grasos con sosa cáustica. Con este procedimiento se forma una pasta jabonosa que hay que separar del aceite y que posteriormente hay que tratar con ácidos para poder destinar el subproducto a la fabricación de jabones.

En la etapa de refinado se utilizan diferentes reactivos a los que se suman las aguas de lavado de los procesos, todo lo cual generará efluentes de distintas características de alto contenido en materia orgánica que necesitan tratamiento posterior. Los restos sólidos obtenidos en forma de pasta son los orujos, mientras que los líquidos, procedentes de la extracción del aceite de oliva, son los alpechines, que son aprovechados como combustibles o como abonos orgánicos. A partir de los orujos, como subproducto secundario sólido obtenido del molturado y prensado centrifugado, se obtiene aceite de orujo.

Figura 3. Proceso productivo de las refinерías de aceites vegetales (proceso físico).

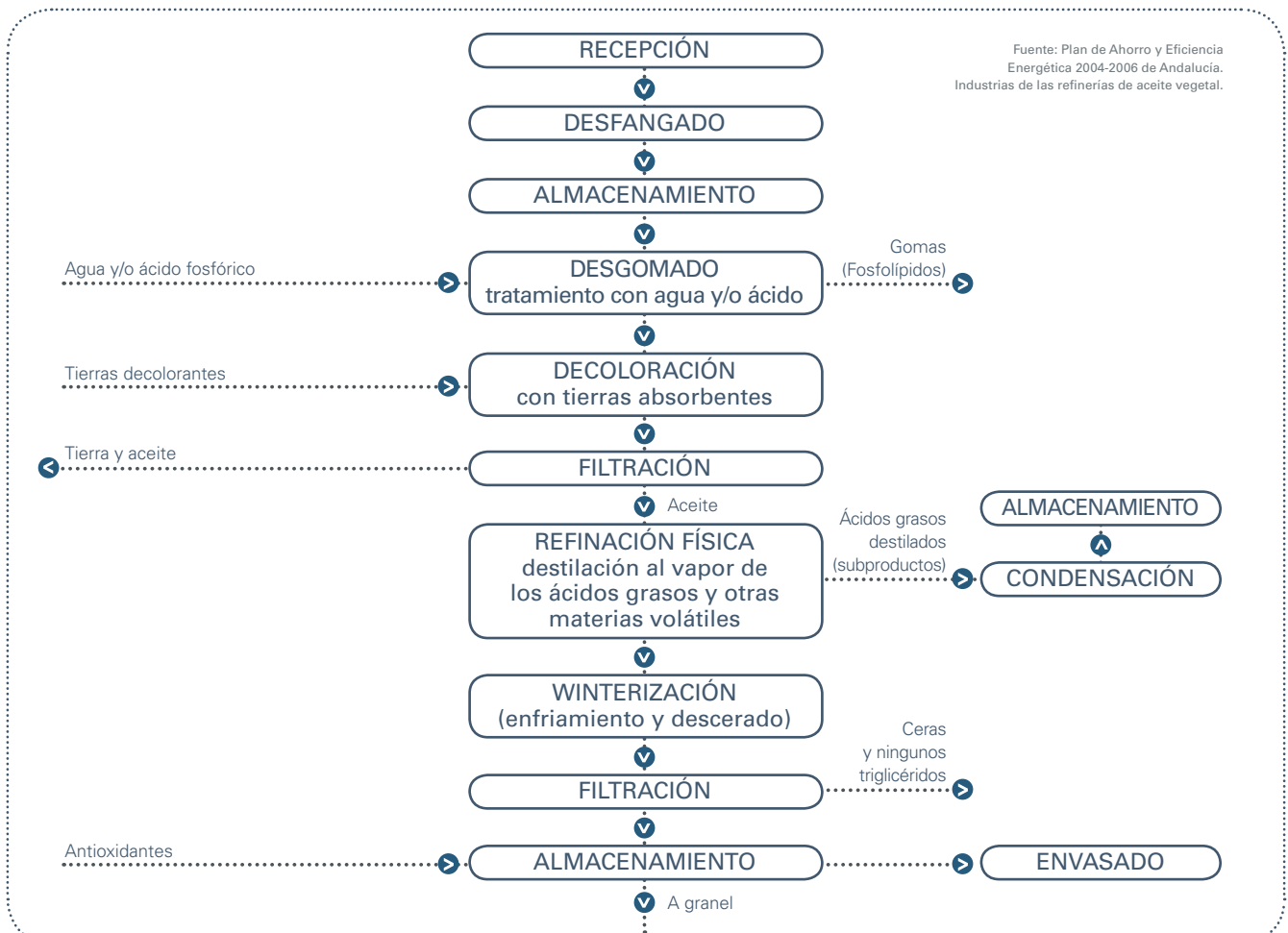
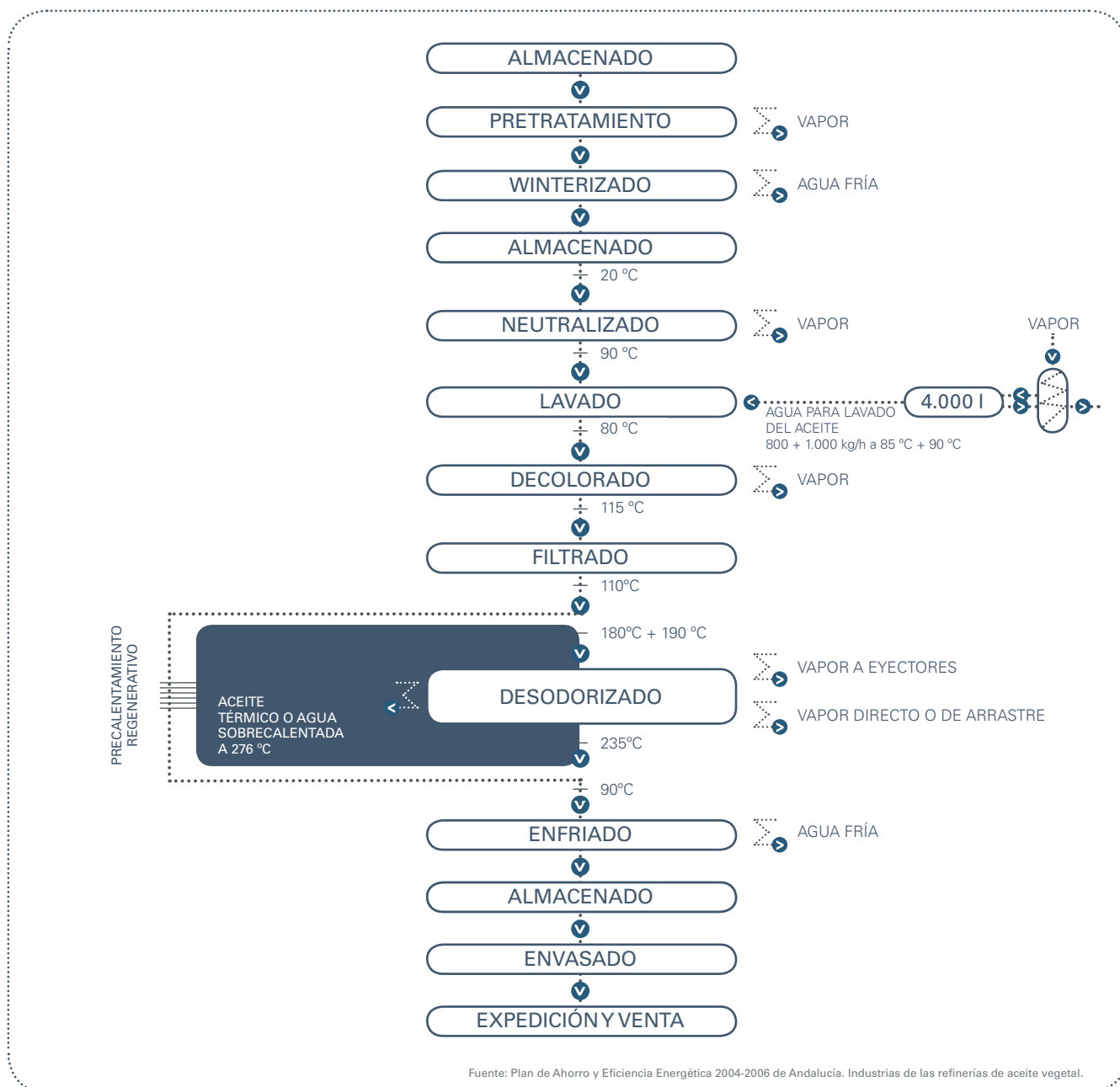


Figura 4. Proceso productivo de las refinерías de aceites vegetales (proceso químico).



1.5. Almacenamiento

Es la operación de acopio, previo a la distribución o al fraccionamiento, con el objetivo primordial de evitar cualquier degradación cualitativa. Las almazaras cuentan con depósitos diferenciados donde se almacenan los distintos tipos de aceite elaborados. Los depósitos metálicos pueden dar origen a oxidación por presencia de hierro, al desprenderse la película que recubre al hierro, lo que originaría la rancidez del aceite, siendo necesario mecanismos de control.

1.6. Envasado y distribución

Es frecuente que las refinерías dispongan de plantas envasadoras, ya que el aceite y la grasa comestible se comercializan casi exclusivamente en forma envasada. Las plantas envasadores integradas brindan las ventajas de que los aceites y las grasas no pueden enranciarse si se envasan inmediatamente y de que, además, las aguas residuales que se derivan del proceso de envasado pueden tratarse y eliminarse junto con las demás aguas residuales de la refinерía.

El aceite desodorizado es llevado a las plantas de envasado donde, como ingrediente base, se utiliza para producir las líneas de los productos finales según sus propias características y que son el aceite, las margarinas, las mantecas y las mayonesas.

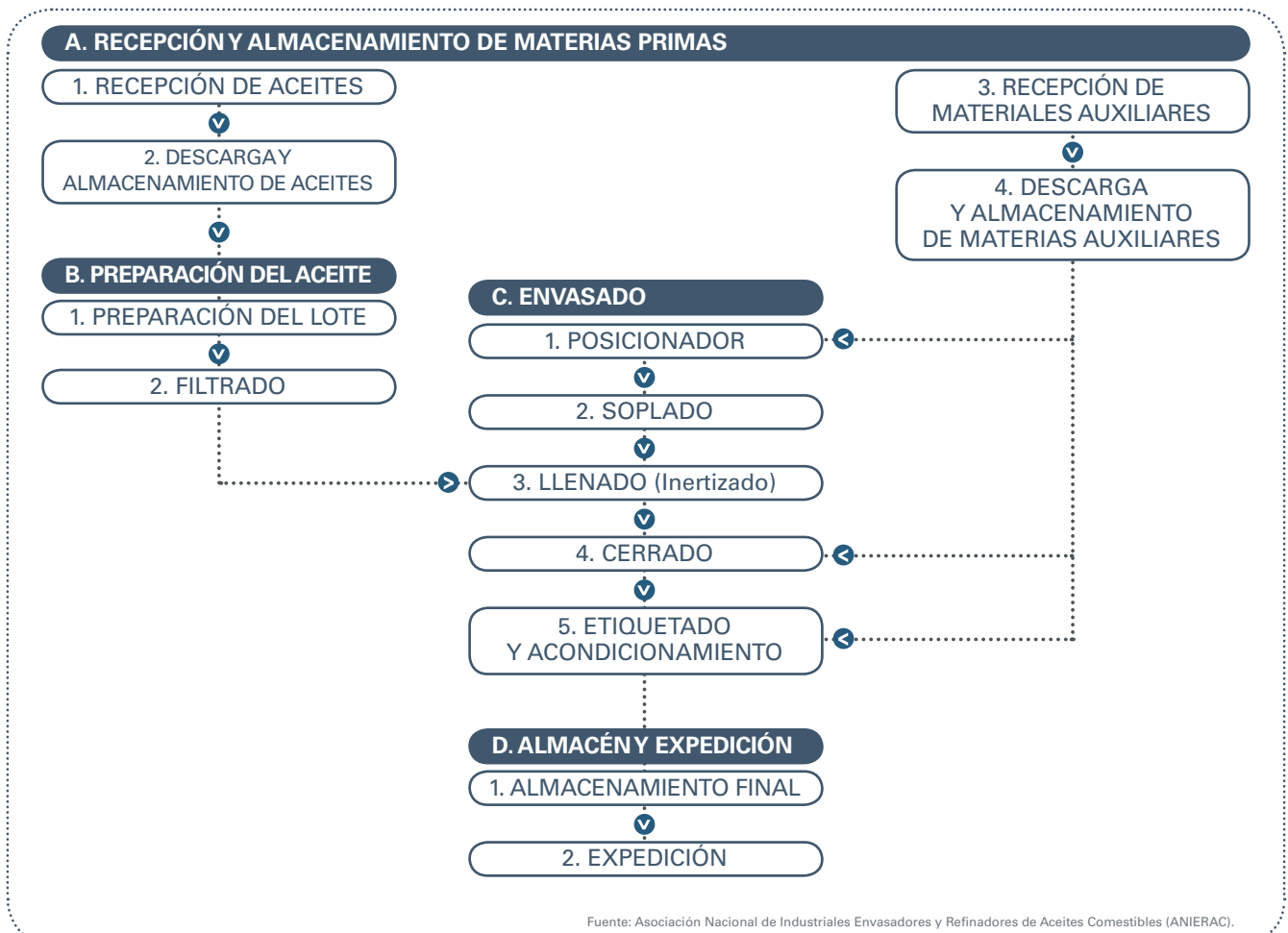
El aceite desodorizado se envasa en contenedores, normalmente de plástico o vidrio, en las plantas de envasado de aceite comestible. El proceso de envasado de margarinas se realiza formando una emulsión del tipo agua en aceite en el aceite desodorizado, la cual desarrolla y mantiene sus características según los aditivos incorporados a la emulsión y el trabajo mecánico de enfriamiento, cristalización y homogenización ejercido sobre aquella. Los aceites que se emplean en su formulación base normalmente son del tipo endurecido (hidrogenado) mezclado con aceites líquidos. Los envases usuales son contenedores de plástico y papel resistente a la humedad y los aceites. Las mantecas son productos que se caracterizan por su base 100% aceite y, como se requiere que sea un producto sólido a temperatura

ambiente, se formulan con aceites endurecidos y/o con grasas animales. Poseen un tratamiento térmico y mecánico similar a las margarinas. Las mayonesas son productos emulsionados que se preparan con aceites vegetales líquidos formando con ellos una emulsión del tipo aceite en agua. Como aditivos se incorporan entre otros, huevo pasteurizado, agua, aromas, colorantes, preservantes y sal. Previo a su envasado el producto es homogenizado. Los envases más utilizados son laminados de plástico y aluminio y frascos de vidrio.

1.7. Análisis de consumos energéticos

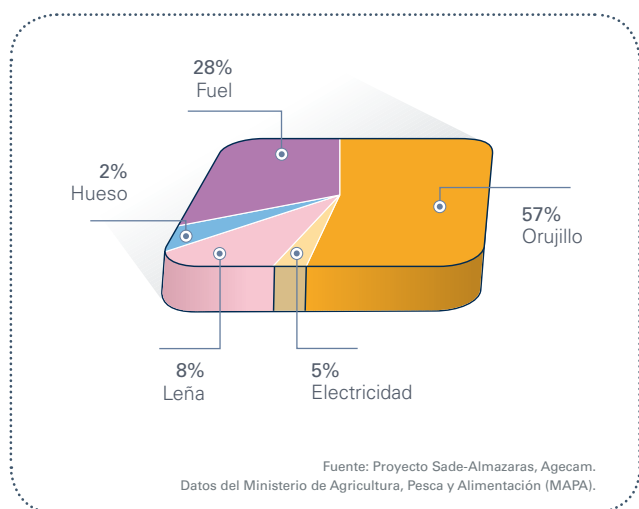
Según el estudio-proyecto Sade-Almazaras (año 2003), de la Agencia de Gestión de la Energía de Castilla-La Mancha (Agecam), los consumos de energía térmica suponen en torno al 60% del total de consumo energético en las almazaras y un 40% es consumo de electricidad. Los consumos térmicos corresponden a

Figura 5. Proceso de envasado de aceites.



necesidades de agua caliente para mantener la temperatura de la masa en la batidora en el entorno de 25 °C - 28 °C y la de la bodega entre 15 °C - 20 °C. El fluido portador del calor, para ambos fines, suele ser el agua, y el combustible utilizado para suministrarle la energía, en muchas ocasiones el orujillo o el hueso de aceituna, el cual se obtiene separándolo del orujo a la salida del decánter antes de ser enviado a la orujera, o bien se adquiere directamente de ésta. Numerosas almazaras mantienen sistemas de generación térmica alimentados con combustibles fósiles, gasoil principalmente.

Figura 6. Distribución de combustibles para fines térmicos en las almazaras.



Para la obtención de la energía térmica necesaria para el proceso se usan tres tipos de combustibles: orujillo, hueso de aceituna y gasoil. Para la calefacción de la bodega y el resto de almazara se emplean frecuentemente aerotermos y radiadores convencionales de fundición o aluminio. Los aerotermos son equipos que funcionan con agua caliente y proyección forzada de aire caliente mediante un ventilador helicoidal silencioso, cuya principal ventaja reside en la versatilidad para su ubicación, la cual puede ser horizontal, vertical o cualquier otra.

Por otra parte, los consumos eléctricos se localizan fundamentalmente en las fases de limpieza del fruto (motores de cintas transportadoras, cribas, lavadoras, despalladoras, etc.), de molturación (molinos de martillos o discos) y de centrifugación de la masa (bombas, decánteres horizontales y verticales). La mayor demanda de potencia eléctrica se localiza en el proceso productivo y la menor en la bodega o zona de almacenamiento de aceite. En el patio, la potencia eléctrica es necesaria para diversos elementos

como las cintas transportadoras, las limpiadoras, las lavadoras y los sinfines. La molienda y la primera centrifugación suponen más de un 70% del total del consumo de electricidad, la segunda centrifugación y el lavado se sitúan a continuación y por último va el batido de la masa. En la bodega, la potencia eléctrica se concentra principalmente en los equipos de bombeo para el trasiego del aceite.

Figura 7. Distribución de consumos de energía eléctrica en las almazaras.

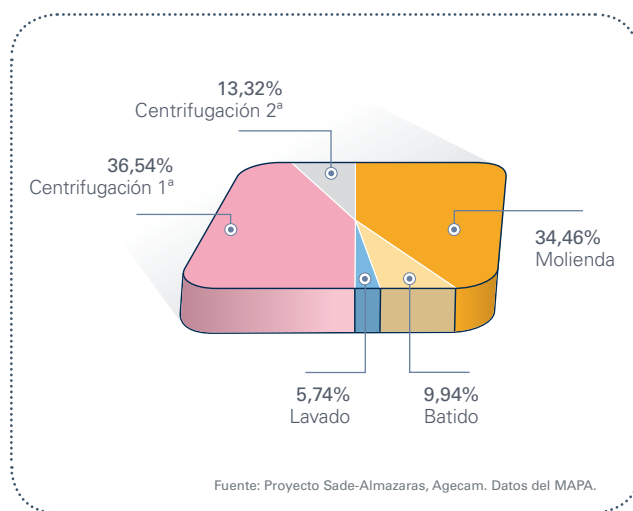


Tabla 2. Distribución de la potencia eléctrica en los distintos elementos de la almazara.

Proceso	Distribución potencia (%/proceso)
Molinos	23,50
Termobatidoras	8,30
Centrifugadoras horizontales	23,80
Centrifugadoras verticales	13,00
Filtros	0,40
Bombas	2,80
Sinfines	2,60
Otros	2,50

Fuente: Proyecto Sade-Almazaras, Agecam.

En términos de facturación eléctrica, el citado estudio destaca como un 35% de las almazaras se encuentra en régimen de media tensión y un 65% en baja tensión. Un 30% dispone de transformador propio y un 70% adquiere la energía eléctrica de la red de baja tensión de la empresa distribuidora local. La mitad de las almazaras tiene equipos de compensación del factor de potencia, para reducir las pérdidas por energía reactiva, mediante el empleo de baterías de condensadores. Esto supone que, en aquellos casos en los que se carece de estos equipos, existen recargos en la facturación eléctrica por este concepto que llegan a superar el 35% de la facturación básica.

Los datos del proyecto consideran un consumo medio de energía eléctrica en una almazara en torno a 0,045 kWh/kg de aceituna, es decir, 45 kWh/t aceituna molturada, y unos 225 kWh/t aceite obtenido para un rendimiento en aceite del 20%. En cuanto a la energía térmica, se considera un ratio de 0,0165 kg orujillo/kg de aceituna molturada, es decir, 57,75 kcal/kg aceituna o, lo que es lo mismo, 288,75 kcal/kg aceite obtenido, suponiendo un PCI para el orujillo de 3.500 kcal/kg. Estos datos, del año 2000, sirven como un buen indicador, aunque deben constatarse mejoras en términos de productividad y eficiencia energética en los últimos años.

Tabla 3. Consumos medios de energía por aceituna molturada.

Aceituna molturada (kg)	Consumo energía eléctrica (kWh/kg aceituna)	Consumo energía térmica (kg orujillo/kg aceituna)
1.000.000	0,058	0,025
6.000.000	0,046	0,005
11.000.000	0,034	0,005

Fuente: MAPA.

Por otra parte, analizando los datos del estudio del sector del refino en Andalucía, se pone de relieve la importancia de la demanda térmica de este sector es en forma de vapor a diferentes presiones, de agua caliente, de aceite térmico o vapor de alta presión, y de agua fría. Para abastecer las necesidades energéticas de estas instalaciones es frecuente disponer de instalaciones de cogeneración (empleando gas natural en su mayoría). Comparadas con las industrias de los subsectores de

las almazaras y las extractoras, las refinerías tienen un menor consumo específico térmico y eléctrico.

2 Ineficiencias energéticas

Del análisis de las diferentes etapas de fabricación de aceites es posible delimitar diferentes áreas ineficientes energéticamente. Estas ineficiencias van referidas a varios aspectos como:

- Ajustes de la capacidad en las fases de trabajo.
- Necesidades de energía térmica variables en las diferentes etapas.
- Consumo de agua de proceso.

Dado que la calidad del producto se ve afectada desde la etapa anterior a la llegada a las almazaras, el transporte debe hacerse en condiciones en las que no resulten dañadas las aceitunas (evitar roturas de la piel que inician la fermentación), utilizándose contenedores y camiones sin sobrepasar la altura de carga. Recibido el fruto, es clasificado según calidad, variedad, estado sanitario o grado de madurez, y se procede a la limpieza o lavado. El lavado se realiza en circuitos cerrados, donde se eliminan impurezas que podrían dañar los equipos de procesado, por lo que es necesario realizarla de manera eficiente. Las aguas de lavado (aguas grasas) se pueden aprovechar por decantación y/o centrifugación, obteniéndose grasas para jabones y sólidos para combustible o alimentación animal.

Desde la recepción se controla y clasifica la calidad del producto. De manera electrónica y continuada se controla el pesado de la aceituna ya limpia y se almacenan en tolvas. Este es un factor importante para poder ajustar la capacidad de trabajo y, por tanto, el consumo energético. De igual forma, el fruto debe estar limpio para no mermar la eficiencia o desgaste de equipos.

La aceituna llega a unos tolvinos que regulan su caída dentro del molino de martillos para ser molida y triturada en trituradores metálicos contruidos en aleaciones resistentes al impacto con el fin de evitar la contaminación del aceite por metales. Esta etapa conlleva un considerable gasto energético, por lo que la regulación del grado de molienda es esencial, también depende de ello el agotamiento de los orujos grasos. Posteriormente, para el batido de la pasta se utilizan termobatidoras horizontales con diferentes diseños de rotores, paletas y cortadores de corriente que proporcionan a



la masa triturada una agitación continua. Para evitar procesos oxidativos la temperatura de la pasta después del batido no debe superar los 25 °C - 28 °C, requiriendo de un aporte energético externo que mantenga la temperatura que permite disminuir la viscosidad del aceite, gracias al agua caliente que circula por una camisa que rodea el cuerpo de la batidora. Esta fase consume gran cantidad de energía, por lo que es necesario optimizar el tratamiento térmico a través de reguladores. En la parte superior de la pasta batida queda una fracción del aceite que ya se ha separado. Se trata del aceite de mejor calidad, con menor acidez y mejores características organolépticas, para su separación se acopla a la batidora un cilindro de malla para efectuar la percolación del aceite. El aceite es introducido en un tamiz vibratorio, se pasa a un depósito de acero inoxidable desde donde se bombea posteriormente.

Tras el tamizado, se centrifuga el aceite, ya que aún contiene algunas impurezas. En una centrifugadora vertical se separa el aceite en dos fases, aceite (libre ya de compuestos extraños) y agua de lavado. El aceite precisa de decantación antes de almacenarlo en una batería de aclaradores de acero inoxidable desde donde es bombeado hasta los depósitos de acero inoxidable donde se reserva y clasifica. Todo este proceso conlleva gran exigencia de consumos energéticos (eléctricos y térmicos) y el tratamiento de aguas de proceso y de vertido.

Cuando se realiza la extracción del aceite de oliva por centrifugación en tres fases, a 3000 rpm - 4000 rpm en centrífugas horizontales (decanteres), se hace de manera continua, automatizada y de alta productividad, pero también necesita fluidificar la pasta añadiendo agua caliente (40 °C), con lo que exige mayor consumo

energético y de agua frente a la centrifugación en dos fases. Esta última al producir orujos de alto contenido en humedad, ahorra energía pero exige tratamiento de estos orujos, además de tener menor rendimiento extractivo. La extracción del aceite de orujo de oliva, se desarrollará en secaderos rotativos (tipo Tromel) de aire caliente para evaporar la humedad del orujo de oliva y eliminar alpechines (la temperatura habitual es de 450 °C - 500 °C). La baja eficacia de secado por formación de bolas que contienen agua, obliga a hacer dos pasadas por el secador (en la primera se reduce la humedad hasta un 35% - 40%, y en la segunda hasta el 8%). Se trata por tanto de una parte del proceso que requiere de mejoras energéticas por su elevado consumo eléctrico y térmico.

La etapa de refinado acarrea una importante demanda térmica en forma de vapor a diferentes presiones, de agua caliente, de aceite térmico o vapor de alta presión, y de agua fría. En la fase de desodorización, esta destilación, conlleva elevadas exigencias térmicas (200 °C), mientras que la desaceración que separa las ceras de los aceites, se realiza a temperaturas inferiores a los 15 °C. El agua residual producida en el refinado puede reducirse en hasta un 90% si el agua de refrigeración utilizada para la condensación de vahos se reintegra al circuito.

El almacenaje se realiza en la bodega, mediante depósitos generalmente de acero inoxidable. La temperatura debe mantenerse constante entre 15 °C y 20 °C, para lo cual se suelen instalar sistemas de ventilación y calefacción. Este control de la temperatura es debido a la pérdida de aromas y oxidaciones que puede sufrir el aceite. Otro componente importante de las almazaras lo constituyen los equipos de trasiego y almacenamiento de orujos para su traslado a las extractoras, los cuales

suelen estar compuestos por bombas de pistón para impulsar la masa y tornillos sinfín para elevarla hasta la tolva de almacenamiento, ubicada en el exterior de la almazara, desde la cual serán cargados los camiones para su expedición.

2.1. Ineficiencias en equipos eléctricos

En el caso de los motores eléctricos, la posible ineficiencia energética de un motor vendrá dada por las pérdidas eléctricas y mecánicas en sus componentes que deben considerarse.

- **Pérdidas por efecto Joule:** se deben a la resistencia que ofrecen los devanados del motor (rotor y estator) al paso de la corriente eléctrica.
- **Pérdidas magnéticas:** se asocian a los campos magnéticos situados en el interior de la máquina.
- **Pérdidas mecánicas:** derivadas de la fricción del aire y los elementos fijos sobre las partes móviles del motor.

Para los trabajos de tipo mecánico lineal o rotativo, asociado al desplazamiento de un pistón o de un motor neumático, se usan los sistemas de aire comprimido. Constan de varias partes como compresor, depósito de almacenamiento y regulación, enfriador, deshumidificador, líneas de distribución y los puntos de consumo

con su regulador y filtro. El consumo eléctrico es realizado por el compresor, pero todos los elementos influyen en mayor o menor medida en el rendimiento energético del sistema. Es importante controlar el funcionamiento de estos equipos para evitar ineficiencias debidas a aire perdido por fugas, pérdidas de carga excesivas que afecten a la potencia de las herramientas y equipos consumidores, sistema de control, etc.

En el caso de los sistemas de bombeo, las ineficiencias podrían deberse a un bajo rendimiento de estos motivado por tratarse de un circuito inadecuado. Las desviaciones de la operación del sistema fuera del rango óptimo de la bomba se traducen en un funcionamiento ineficiente de la misma, por un mal dimensionamiento inicial o de modificaciones o ampliaciones posteriores. Las modificaciones del circuito deben ser estudiadas previamente desde el punto de vista del funcionamiento de la bomba para determinar la necesidad del ajuste o sustitución del equipo de bombeo con el objetivo de certificar que se opera en condiciones óptimas. También es frecuente que los circuitos de bombeo que no operan con una carga constante, sino con un caudal variable, no conlleven las operaciones de regulado de la bomba. Estas mismas consideraciones pueden tenerse en cuenta para los sistemas de ventilación y extracción.

2.2. Sistemas de iluminación

El sistema de iluminación tiene como finalidad proporcionar un alumbrado con la calidad necesaria para que



la visibilidad sea adecuada y legal, garantizando el mantenimiento de la productividad y la seguridad de los ocupantes. La iluminación puede suponer cerca de un 25% del consumo eléctrico de una instalación industrial, estimándose que se pueden alcanzar reducciones superiores al 20% gracias a medidas como la utilización de componentes más eficaces, sistemas de control o la integración de luz natural.

Por ello deben analizarse posibles causas de ineficiencia energética como son la falta de determinación de los niveles de iluminación en las fases y dependencias, la elección de los componentes de la instalación o la falta de sistemas de control y regulación.

2.3. Ineficiencias térmicas

Los principales consumos térmicos vienen marcados por las necesidades de agua caliente en el batido y en la bodega para mantener constantes las temperaturas. También el proceso de secado conlleva un gasto energético a considerar.

Para la generación de agua caliente y vapor se emplean las calderas, siendo un factor importante considerar su tipología. Las eléctricas son antieconómicas para su empleo en operaciones que precisen una potencia calorífica moderada o grande, adecuando la potencia a la demanda para evitar sobredimensionamientos. Otro aspecto a considerar es que precisan de un sistema de control de la instalación para

evitar pérdidas sucesivas de calor cuando la caldera está en posición de espera y también requieren la revisión periódica de las calderas, de forma que se mantenga funcionando en óptimos niveles de rendimiento. La combinación de sobredimensionamiento, pérdidas de posición de espera y bajo rendimiento puede suponer hasta un 35% menos en el rendimiento que en una caldera nueva correctamente instalada. A la hora de hacer la revisión periódica de las calderas, es recomendable hacer un análisis de la combustión para tener unas buenas condiciones de rendimiento. También es importante la conservación y reparación de los aislamientos de las calderas, depósitos acumuladores y tuberías de transporte de agua caliente. Asimismo, es frecuente la mala gestión en cuanto al consumo de agua, su disminución implica, por una parte, la reducción del gasto asociado en la factura, pero también un ahorro energético asociado a la disminución del consumo de combustible necesario para su calentamiento. Los secaderos también tienen una alta incidencia en la eficiencia energética de este sector, aproximadamente el 11% del gasto energético en el sector industrial se debe a los procesos de secado. El control de las condiciones de secado, mediante el uso de reguladores, como el ajuste de los equipos a las necesidades de cada proceso, son aspectos que inciden en la eficiencia energética.

De igual forma, un aspecto que debe tratarse como ineficiente es el referido a la no realización de un adecuado mantenimiento preventivo de los equipos o la no realización de inspecciones en los equipos, redes de distribución, aislamientos, fugas, etc.



2.4. Facturación energética

Para optimizar la facturación eléctrica hay que considerar aquellos conceptos en los que obtener mayores ahorros y cuyos parámetros deben controlarse: potencia contratada, penalización por la potencia reactiva, modo de facturación, consumos horarios, empresa comercializadora, etc.

En el caso del gas el término fijo en función de la presión y grupo tarifario, como el término variable en función del consumo y grupo tarifario. La falta de un análisis de las necesidades de contratación energética repercute directamente sobre los ahorros en costes.

3 Mejoras tecnológicas y de gestión que favorezcan la eficiencia energética

3.1. Mejoras en el consumo térmico

Las mejoras en el consumo de energía térmica pasan por actuar tanto en la caldera generadora de calor como en los consumos finales (calefacción y agua caliente).

Es necesario desarrollar medidas para aprovechar el máximo rendimiento de la caldera y elementos auxiliares controlando los principales parámetros: alimentación, ventiladores, temperatura, caudales, válvulas, bombas, termostatos, limpieza, programas de mantenimiento, etc. Una importante mejora puede ser la implantación de controladores para regular de una manera automatizada y centralizada los procesos. Estos controladores reciben las señales de la instalación y las procesan a través de aplicaciones de gestión, activando las correspondientes salidas. El coste de estos equipos puede ser fácilmente amortizado como consecuencia de un mayor aprovechamiento energético de la instalación y unos menores costes de mantenimiento y reparación.

Los principales consumos de energía térmica se localizan en la fase de batido dentro del proceso productivo y en la de separación de fases líquidas y calefacción de bodega. Entre las medidas dirigidas a mejorar estas fases están:

- Instalación de termostatos tanto en los circuitos de agua en la batidora, para regular la temperatura de entrada y salida del agua caliente en el cuerpo de la batidora (25 °C - 28 °C), como en puntos estratégicos, para controlar la energía consumida en la nave y bodega.

- Control de la duración del proceso de batido y mantenimiento de una temperatura uniforme en la masa antes de su introducción en las centrífugas horizontales.
- Control tanto de las condiciones de los frutos y el aporte de agua caliente necesario como de las necesidades de calor asociadas.
- Sellado de puertas y ventanas para la reducción de pérdidas innecesarias de calor en nave y bodegas.
- Aprovechamiento del calor desprendido por los sistemas de refrigeración de motores y equipos.

3.2. Cambios en calderas

Desde el olivar se suministran importantes cantidades de biomasa (por ejemplo, restos de podas) que pueden emplearse como combustibles térmicos. También subproductos como el orujillo, obtenido en las extractoras de aceite de orujo, o el propio hueso de la aceituna, separable en la almazara antes de la extracción, pueden emplearse como combustible.

El empleo de calderas de biomasa puede suponer ventajas frente al gasoil:

- Menores emisiones de dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO) y dióxido de azufre (SO₂), aunque mayores de partículas.
- Costes energéticos (c€/kWh) inferiores. Si bien los costes de inversión son superiores, los de explotación resultan muy por debajo, como consecuencia del menor coste de la biomasa (c€/termia), lo que reduce el periodo de amortización de la inversión.
- Reutilización de residuos y subproductos del propio sector.

Otra actuación a desarrollar es la sustitución del gasóleo por gas natural. El gas natural, además de ser un combustible eficiente energéticamente hablando, es un combustible más respetuoso con el medio ambiente que los productos petrolíferos. Así mismo el mantenimiento de la instalación y el almacenamiento del gas natural (no existe) presentan menos problemas que con otro combustible. El ahorro energético en combustible que supone la utilización de gas natural está en torno a un 3%. No obstante, aunque el coste del gas natural es menor, el cambio requiere una inversión adicional.

En definitiva, el cambio a gas natural implica ventajas como:

- Ahorro y diversificación energética, y por lo tanto, mejora de la eficiencia energética del proceso.
- Ahorro económico por el elevado precio de los combustibles derivados del petróleo.
- Mejora de los ratios de producción y calidad del producto.
- Disminución de la dependencia energética del petróleo.
- Reducción del impacto ambiental.

Algunas posibles mejoras a considerar en el refinado de aceites son las siguientes:

- **Recuperación del calor sensible de los humos de la caldera:** Los humos, producto de la combustión de una caldera, contienen una considerable energía, ya que al generar vapor se alcanza un nivel de temperatura muy elevado. Si se aprovecha esta energía o una parte, se aumentaría la eficiencia energética del proceso, ya que con estos equipos se ahorra de un 2% - 5% de combustible. Este calor residual se puede destinar a varios usos, como precalentamiento de la carga, producción de vapor o aire caliente, calentamiento del combustible o precalentamiento del aire de combustión. Existen varios tipos de equipos destinados a la recuperación del calor de los humos. Los más habituales son los economizadores, recuperadores, regeneradores y las calderas de recuperación.
- **Recuperación del calor de purgas de las calderas:** Tanto en los intercambiadores como en las redes de distribución de vapor, se produce condensado que debe ser eliminado. Este condensado es eliminado mediante purgadores y conducido por tuberías normalmente aisladas hasta al depósito de alimentación de la caldera, permitiendo un suministro de agua de aporte caliente.

El ahorro energético que se puede llegar a conseguir con esta medida puede alcanzar hasta el 3% de la energía térmica total utilizada en la generación de vapor.

- **Recuperación de condensados:** En el sector del refino de aceites vegetales se puede recuperar

hasta el 50% - 60% del caudal de vapor generado, con el consiguiente ahorro de energía. Un posible destino es precalentar el agua de alimentación a las calderas. Para evitar que se contamine este agua con aceite, se puede recuperar el calor de los condensados con un intercambiador de calor (intercambio indirecto).

- **Ajuste y control de los parámetros de combustión en calderas:** Para disminuir las pérdidas de calor sensible con los gases de la combustión, es conveniente optimizar el exceso de aire que se introduce en el equipo, para así disminuir el caudal de humos que sale de la caldera. A su vez, al reducir este caudal, aumenta la temperatura del ambiente, por lo que el porcentaje de inquemados gaseosos disminuye. Así, el exceso de aire para calderas de combustibles sólidos debería estar entre un 80% - 100%, para calderas de fueloil del 30% - 40% y para las de gas natural, del 15% - 20%. Con esta medida se podría ahorrar en torno al 10% de combustible para las calderas de combustibles sólidos y hasta el 5% para las de fueloil o gas natural.

3.3. Mejoras en el consumo eléctrico

3.3.1 Motores eléctricos

Debe considerarse el dimensionamiento de la potencia. La potencia nominal debe estar sobredimensionada del 5% al 15% con respecto a la potencia precisa para la aplicación, con el fin de que el motor opere con eficiencia y con el factor de potencia adecuados. El cálculo de la potencia adecuada depende del régimen de carga del motor, pues es posible dimensionar el motor en función de la cantidad de arranques y paradas a las que es sometido.

Los motores eléctricos más utilizados en las aplicaciones estudiadas son los asíncronos, en los cuales la velocidad no puede ser cualquiera, sino una serie de velocidades cercanas a la de sincronismo. En funcionamiento normal, están permitidas fluctuaciones de la tensión de alimentación del orden del $\pm 5\%$. Una disminución de la tensión provoca una mayor intensidad en los devanados, causando un aumento de las pérdidas y una disminución del rendimiento. Un aumento de la tensión de alimentación provoca un incremento apreciable de la corriente reactiva necesaria, con lo que, además de crecer las pérdidas, el factor de potencia disminuirá. El mantenimiento del nivel adecuado de tensión es importante en el arranque, por lo que para el funcionamiento óptimo de estos motores

es imprescindible que la tensión de alimentación sea siempre la correcta. Una tensión distinta de la nominal aumenta las pérdidas y por tanto los costes. Los motores asíncronos presentan un elevado consumo de potencia reactiva, aquella que necesita para el establecimiento de los campos magnéticos necesarios para funcionar.

La compensación de esta potencia reactiva supone un incremento de la capacidad de la instalación, una reducción de las pérdidas y una disminución de la facturación eléctrica, pues las compañías eléctricas aplican un recargo por energía reactiva para los clientes a tarifa, que puede transformarse en bonificación corrigiendo el factor de potencia. Los equipos encargados de suministrar la energía reactiva a los receptores (en lugar de tomarla de la red eléctrica) son los condensadores estáticos, los cuales, conectados a la red, actúan como generadores de energía reactiva inductiva.

Utilización de motores de alta eficiencia (modelos EFF1, EFF2 y EFF3). Estos poseen un diseño y construcción especiales que permiten unas menores pérdidas que los motores estándar. El coste de compra es poco significativo con respecto al coste total de la operación, debiéndose analizar, en el momento de su adquisición, las características de la aplicación a la cual se encuentren destinados. Las ventajas de los motores de alta eficiencia son la robustez frente a los estándar (lo que ocasiona un menor gasto en el mantenimiento y una mayor vida) y una mayor eficiencia, lo que produce un menor coste de la operación.

Los exámenes periódicos de los motores con el objetivo de identificar posibles sustituciones por otros de mayor eficiencia se centrarán en aquellos motores que

sobrepasen un tamaño mínimo y unas horas de trabajo anuales: motores de eficiencia estándar antiguos o rebobinados, carga constante, horas anuales de trabajo, etc.

Asimismo, es frecuente que ante una avería o fallo de un motor se plantee la disyuntiva entre reparar la avería o sustituir dicho motor. A priori, la reparación parece ser la alternativa más oportuna dado su inferior coste. Sin embargo, casi siempre el rebobinado de un motor ocasiona una pérdida de rendimiento y una menor fiabilidad de su funcionamiento. La alternativa de la sustitución del motor depende del coste de la reparación, la variación del rendimiento, el coste del nuevo motor, la eficiencia original del motor instalado, el factor de carga, las horas de operación anuales, el coste final de la energía y la amortización.

Otras actuaciones a considerar son el adecuado mantenimiento en cuanto a las condiciones de lubricación, transmisión, alineación del motor, situación de la inercia de cargas, etc.

3.3.2 Bombas y ventiladores

Los sistemas de bombeo pueden tener bajo rendimiento por motivos como disponer de motores de accionamiento de bajo rendimiento, que el circuito no sea adecuado o que la regulación no sea la necesaria. Deben revisarse y optimizarse las condiciones a cada momento.

Una mejora a considerar para reducir el consumo es la incorporación 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. En el caso de bombas y soplantes, el par motor es proporcional al cuadrado de esta velocidad, y la potencia lo es al cubo. Por esto, una pequeña reducción de este parámetro puede derivar en un ahorro importante de energía, que puede ser del orden del 25% al 30% del consumo eléctrico, e incluso más, para motores de elevada potencia y uso anual. Aunque requieren una importante inversión, el retorno de la misma es bueno. En el modo de funcionamiento normal de estos equipos (bombas, ventiladores...), la regulación de su capacidad se hace mediante una válvula o clapeta situada a la salida del equipo, que estrangula el caudal de agua o aire; de esta forma, el exceso de electricidad que se consume se pierde en fricción. Al introducir un variador de frecuencia, se puede reducir la pérdida de energía que tiene lugar en esta válvula, y como consecuencia el consumo eléctrico.

Otra mejora a considerar es el control de las pérdidas, pues las pérdidas en los órganos de control de los circuitos de agua y aire pueden alcanzar hasta el 25% - 30% de la potencia consumida en bombas y ventiladores. Para reducir las se puede realizar revisiones periódicas, instalar motores de velocidad variable (ahorro de 25% - 30% consumo eléctrico) e implantar deflectores a la entrada del equipo (ahorro 10% - 15% consumo eléctrico). El aislamiento de tuberías de vapor y de aire caliente permite reducir la transmisión de calor entre la tubería y el aire, con lo que se reducen las pérdidas. El ahorro potencial oscila del 1% al 3% del consumo de combustible en generación de calor.

3.3.3 Sistemas de aire comprimido

- **Recuperación del calor.** Un 94% de la energía consumida en un compresor se transforma en

calor recuperable y solo un 6% se transforma en energía de presión. Puede significar un ahorro considerable la recuperación del calor disipado. Los compresores refrigerados por agua permiten la recuperación de hasta el 90% de la energía de entrada en forma de agua caliente a temperatura de 70 °C - 80 °C, que a su vez puede ser empleada para duchas, calefacciones, alimentación a calderas, etc.

- **Utilización de compresores de velocidad variable.** La demanda de aire comprimido en una instalación es frecuentemente muy variable, por lo que el compresor opera a carga parcial durante gran parte de su vida útil. Este tipo de accionamientos permite ajustar la potencia desarrollada por el motor a la carga instantánea, mejorando ostensiblemente la eficiencia energética del sistema.
- **Fraccionamiento de potencia de los compresores.** Consiste en disponer de una central de producción de aire con diversos compresores de potencia similar, de manera que uno de ellos sea de velocidad variable y esté permanentemente operando, con el objetivo de ajustar el consumo eléctrico a la demanda instantánea de aire del sistema.

3.3.4 Instalaciones eléctricas

- **Mejoras en la intensidad máxima admisible:** Los conductores eléctricos deben estar dimensionados correctamente. El correcto dimensionamiento del cableado evitará el deterioro de la instalación. La capacidad de un conductor para disipar calor depende de las condiciones ambientales, por lo que éstas deben de ser óptimas.

- **Pérdidas de energía en conductores relacionadas con la resistencia de los conductores.** Para evitarlas se tendría que disminuir la longitud y/o aumentar la sección de los conductores. También estas pérdidas dependen de forma cuadrática de la intensidad que circula por el conductor, por lo que, siempre que sea posible, se debe disminuir disponiendo varios cables en paralelo o aumentando la tensión nominal.
- **La caída de tensión.** Depende de la intensidad que atraviesa el cable, de la longitud del mismo y del factor de potencia. Es fundamental tener todos estos conceptos optimizados, porque una caída de tensión grande en una línea puede provocar daños importantes en equipos de alto coste.
- **Potencia nominal del transformador.** Debe realizarse un estudio de rentabilidad económica a la hora de seleccionarlo, teniendo en cuenta las posibles pérdidas de energía.

3.3.5 Sistemas de iluminación

La fabricación de aceites es un sector en el que frecuentemente se trabaja en tres turnos y se hace un uso intensivo de las instalaciones las 24 h del día, por lo que se trata de un aspecto importante. Debe proporcionarse un alumbrado energéticamente eficiente con calidad suficiente para que la visibilidad sea, en todo momento, la adecuada para garantizar el mantenimiento de la productividad y la seguridad de los trabajadores y ocupantes de las instalaciones. Habrá que considerar, entre otras, varias medidas relacionadas tanto con equipos eficientes como con su empleo adecuado.

- **Aprovechamiento de la luz natural:** limpieza de vidrios, supresión de obstáculos, pintado de paredes claras, etc.
- **Supresión de puntos de luz superfluos.**
- **Alumbrado zonificado.** Con ello se pretende el encendido independiente de cada conjunto de luminarias e iluminar, única y exclusivamente, aquella zona del local que va a ser utilizada y así aprovechar la luz natural en zonas más próximas a las ventanas.
- **Sistemas de control de alumbrado.** Asegura una iluminación de calidad mientras es necesario y durante el tiempo preciso. Un sistema de control

en la iluminación completo combina sistemas de control de tiempo, sistemas de control de la ocupación, sistemas de aprovechamiento de la luz diurna y sistemas de gestión de la iluminación.

- **Zonas de uso poco frecuentes.** Se instalarán detectores de presencia por infrarrojos o de interruptores temporizados para controlar de forma automática el alumbrado de zonas de uso esporádico.
- **Sustitución de lámparas fluorescentes de 38 mm de diámetro por otras de 26 mm.**
- **Sustitución de lámparas incandescentes por fluorescentes compactas de bajo consumo.**
- **Instalación de lámparas fluorescentes con balasto electrónico en vez de electromagnético** con un ahorro del 25% de energía, más fiable y rápido arranque, supresión del zumbido y parpadeo y una mayor duración de la lámpara.
- **Realizar campañas de concienciación.**

En el caso del estudio realizado entre las refinerías andaluzas por parte de la Sociedad para el Desarrollo Energético de Andalucía, se aconsejaba llevar a cabo la introducción de balastos de encendido electrónico en las luminarias de fluorescentes con encendido por reactancia más cebador. Este tipo de equipos conseguía un ahorro superior al 25% del consumo de los equipos convencionales.

3.3.6 Tarifa eléctrica

Para conseguir un buen precio en el mercado liberalizado de electricidad se debe proceder a mantener una buena negociación con la empresa comercializadora. En este sentido, es fundamental conocer la estructura del consumo para poder optimizar cada una de estas variables. Es necesario analizar con detalle la mejor oferta de suministro eléctrico en función del nivel de consumo previsto, las necesidades de potencia y tensión de suministro y la distribución temporal del consumo. Habrá que elegir la tarifa más idónea teniendo en cuenta que ésta dependerá de todos los posibles parámetros combinándolos hasta obtener la más adecuada.

3.3.7 Automatizaciones de proceso

La automatización de tareas en las almazaras mejora su rendimiento industrial hasta en un 78% debido al buen

funcionamiento de todas las partes y a que se reduce el número de averías por llevar las máquinas a su régimen de funcionamiento óptimo. La mecanización supone un ahorro para la almazara en torno al 30% porque se reduce el consumo de energía eléctrica -ya que todos los motores trabajan en condiciones normales y se controlan los consumos y la velocidad- y también es menor el consumo de agua y combustible por el control de las temperaturas y caudales en las distintas partes del proceso.

Entre las mejoras de la automatización de procesos destacan las siguientes:

- Mejora en la calidad final del producto, debido a la no necesidad de repaso de orujos, a la mejor clasificación y limpieza del fruto y a evitar la degradación de las cualidades del aceite a lo largo del proceso de fabricación por altas temperaturas o acumulaciones de masa.
- Mejora del rendimiento industrial de la almazara, debido al funcionamiento óptimo de todas las partes de la almazara mejorando agotamiento de los orujos.
- Reducción del número de averías, por llevar las máquinas a su régimen de funcionamiento óptimo.
- Reducción del consumo de energía eléctrica. Todos los motores trabajan en condiciones normales, se controlan consumos y velocidad.
- Reducción del consumo de agua y combustible debido al control de las temperaturas y caudales en las distintas partes del proceso.
- Simplificación de la operación de la almazara. La instalación de paneles de control y pantallas gráficas con sinópticos del proceso facilitan el manejo de la almazara.
- Reducción del número de trabajadores necesarios para operar la almazara. Es una consecuencia de la simplificación del control.
- Mejora de la seguridad de los trabajadores.
- Reducción del tiempo de espera de los aceituneros en el patio.

En el mercado existen gran cantidad de sensores y captadores orientados a la medida de las variables como pueden ser termostatos, caudalímetros, amperímetros, sensores

de grasa y humedad NIR y sondas de nivel. Los actuadores suelen ser electroválvulas para el control de caudales y temperaturas o variadores de frecuencia para el control de velocidad de los motores. Todo esto funciona conectado a un PLC o conectado a ordenadores industriales y utilizando sistemas Scada. El control se realiza mediante pantallas gráficas dispuestas en los lugares estratégicos de la fábrica. Los fabricantes de las maquinarias de extracción también comercializan sistemas de automatización modulares para todo el proceso de extracción de aceite (batidora, decánter, centrifugadora).

3.4. Sistemas de cogeneración

Una posible mejora a considerar en industrias de alto volumen es la inclusión de sistemas de cogeneración. Se trata de un método alternativo de generación de energía eléctrica de alta eficiencia energética, que emplea la producción conjunta de electricidad o energía mecánica y energía térmica útil para su aprovechamiento. Se ahorra energía primaria por el aprovechamiento simultáneo del calor y mejora el rendimiento de la instalación frente a una generación convencional.

Sujetos a estudio de rentabilidad, podría plantearse sistemas de cogeneración de orujos y alpechines para la obtención de energía térmica de proceso y energía eléctrica.

Las ventajas de la cogeneración son varias:

- Se evitan pérdidas de transformación y de transporte mediante la generación en el mismo lugar de consumo.
- Se estima que el rendimiento del proceso alcanza hasta el 90% frente al 65% de los sistemas convencionales.
- Favorece la seguridad del abastecimiento energético.
- Hay instalaciones adecuadas para cualquier rango de potencias, ya sean eléctricas o térmicas.
- Facilita la descentralización de energía.
- Descubre tecnologías más eficientes y competitivas.
- Minimiza el impacto medioambiental ligado a las actividades energéticas.
- Diversifica inversiones para el campo eléctrico.

En el caso de las refinerías de aceites vegetales, las necesidades de energía térmica en forma de vapor son continuas y uniformes a lo largo del año, el consumo eléctrico es elevado, sobre todo si cuentan con líneas de envasado y fabricación de botellas de plástico, y la demanda frigorífica para el proceso también es considerable. Por esto, este sector cuenta con unas condiciones óptimas para aprovechar los efluentes de una planta de cogeneración y cumplir los requisitos que establece la ley. Los equipos de recuperación y transformación de calor y electricidad de la planta de cogeneración deberán conectarse en paralelo con los sistemas convencionales, tanto para hacer frente a un posible corte del suministro desde la cogeneración, como para completar la demanda no satisfecha por ésta.

Finalmente cabe mencionar que la electricidad producida por cogeneración está sujeta a recibir primas establecidas por las regulaciones del régimen especial.

3.5. Revisión de procesos

Conviene enumerar algunas de las mejoras evidenciadas en el citado estudio entre las refinerías andaluzas por parte de la Sociedad para el Desarrollo Energético de Andalucía:

- **Pre calentamiento regenerativo del aceite:** Analizando el proceso de refino del aceite se llega a la conclusión que se pueden introducir varias etapas de pre calentamiento regenerativo, con el consiguiente ahorro de energía. La gran mayoría de las refinerías ya lo incorporan. Esta segunda etapa de regeneración consiste en enfriar el aceite que sale del equipo de desodorizado con el aceite sin desodorizar y que va a comenzar a tratarse. Con esta medida se ahorra, por un lado, vapor, para calentar el aceite que entra en este equipo, y por otro, agua fría, para enfriar el aceite que sale ya tratado. Además de esta etapa, se puede introducir en el proceso una primera etapa de regeneración. La opción generalizada consiste en calentar el aceite a neutralizar desde 20 °C a 65 °C - 70 °C con el aceite desodorizado, que previamente ha cedido parte de su calor en la segunda etapa de regeneración.
- **Sustitución, en la etapa de desodorización, de la caldera de aceite térmico por una caldera de vapor a alta presión:** Tradicionalmente se habían venido empleando en el proceso calderas de aceite térmico, siendo sustituidas por las de vapor sobre-

calentado. Ambas tienen bajos rendimientos pero conviene usar las de vapor para evitar el posible contacto de aceite térmico con el aceite que se está refinando, ya que si se contamina, dejaría de ser apto para el consumo humano. Por otro lado, al ser normalmente las calderas de aceite térmico antiguas, la sustitución implicará mejoras en el rendimiento.

- **Modificaciones en la configuración del proceso de refino:** El proceso de refino se caracteriza por las etapas de enfriamiento intermedio y su posterior calentamiento, con el consiguiente consumo de energía. Estudiando el proceso, se puede conseguir eliminar o reducir estos enfriamientos introduciendo más etapas de calentamiento regenerativo entre corrientes. Con esta medida se puede llegar a ahorrar hasta un 25% - 30% de energía.
- **Proceso con menos mermas:** El objetivo de esta medida es, con un tratamiento similar, obtener la mayor cantidad de producto final para la misma cantidad de materia prima. En esto están trabajando los responsables de proceso de la industria aceitera y los genetistas especializados en semillas, para conseguir un aceite con unas especificaciones adecuadas y con menos mermas.
- **Desgomado enzimático:** El proceso de desgomado (eliminación de fosfolípidos) consta de dos etapas: en la primera el aceite crudo se pone en contacto con agua y en la segunda con ácido, generalmente fosfórico. El desgomado ácido origina un subproducto del que no se puede aprovechar nada y que es un problema para las refinerías. Sin embargo, el desgomado enzimático actúa directamente sobre los fosfolípidos, y los desdobla en sus componentes, sin necesidad de utilizar ningún ácido para el proceso, por lo que el efluente ya no es problemático. El mayor inconveniente que tiene esta opción es el gran volumen que se necesita para la reacción enzimática.
- **Desgomado por membrana:** Se basa en un proceso físico para la recuperación de lecitinas, sin utilizar reactivos. El mayor desafío es conseguir un material para las membranas que sea resistente a los solventes durante un tiempo tal que permita trabajar con costos razonables.
- **Refinación alcalina con potasa cáustica (KOH):** Para la etapa de neutralización del proceso de refino alcalino se viene utilizando sosa cáustica (NaOH).

Caso de emplear en la neutralización potasa cáustica (KOH), el subproducto de esta etapa (borras de neutralización) es más denso y compacto, por tanto, ocluye menos aceite, y con esto se reducen las mermas. Por otro lado, si a las aguas residuales con potasio se les añade magnesio, puede obtenerse abono líquido.

- **Refinación alcalina con silicato sódico:** Esta tecnología proviene de la fabricación de aceite de arroz. Podría aplicarse al aceite de girasol, disminuyendo las mermas en la neutralización.

3.6. Buenas prácticas de gestión

Finalmente, comentar una serie de medidas de gestión que pueden favorecer la reducción del consumo energético en estas industrias:

- Desarrollo de los programas de mantenimiento preventivo de equipos e instalaciones proporcionado por los fabricantes e instaladores. Limpieza periódica de cintas transportadoras, que reducirán la potencia demandada por los motores; engrase periódico de rodamientos y ejes; alineación adecuada de correas, poleas, ejes, etc.; reducción del número de paradas innecesarias para la limpieza de los decánteres, mediante la regulación de la velocidad de las salidas, de forma que se trabaje en continuo el mayor tiempo posible, etc.
- Cualificación de responsables de mantenimiento en los aspectos de gestión y control. Grado de limpieza de la aceituna a la llegada a la almazara, manejo de las tolvas, grado de molienda, el tiempo de batido y la temperatura de la pasta, cantidad de masa inyectada en las centrífugas, su temperatura y la cantidad de agua, periodicidades de descarga y las temperaturas del aceite, mantenimiento de la instalación eléctrica y de calefacción, así como las necesidades de combustible asociadas, limpieza de tolvas y tornillos, molinos y batidoras, decánteres y tamices, fábrica y conducciones, limpieza al finalizar

la campaña de la almazara, sus equipos e instalaciones (caldera, bombas, intercambiadores, etc.).

- Acciones de formación del personal en materia de ahorro energético: cursos, campañas de motivación, reuniones informativas, difusión de información, etc..
- Realización de auditorías energéticas con carácter periódico.
- Desarrollo de programas anuales de reducción de consumos energéticos.

4 Bibliografía

- **Manual de eficiencia energética 2007.** Eficiencia y ahorro energético en la industria. Gas Natural Fenosa.
- **Consumos energéticos por agrupaciones de actividad y producto consumido, INE (2005).**
- **Informe económico 2007.** Federación Española de Industrias de la Alimentación y Bebidas.
- **Guía de ahorro energético. Instalaciones industriales.** Dirección General de Industria, Energía y Minas. Comunidad de Madrid (2005).
- **Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012.** Plan de Acción 2008-2012. Ministerio de Industria, Comercio y Turismo-IDEA.
- **La industria agroalimentaria aragonesa.** Aragonesa de Consultoría-CREA 2006.
- **Proyecto Sade-Almazaras de la Agencia de Gestión de la Energía de Castilla-La Mancha** (Agecam, 2003).
- **Automatización del proceso de extracción del aceite de oliva.** Situación en la provincia de Jaén. Aguilera Puerto, Daniel; y Gómez Ortega, Juan. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Jaén (2006).

09 Fabricación de aceites y grasas vegetales y animales (CNAE 10.4)

DANIEL BLÁZQUEZ
MARTA DEL OLMO

Colaboradores de EOI

Obra realizada por:



Con la colaboración del Centro de Eficiencia Energética de:



© EOI Escuela de Negocios
© Centro de Eficiencia Energética de Gas Natural Fenosa
Reservados todos los derechos
Edita: Gas Natural Fenosa

Diseño y maquetación: Global Diseña
Impresión: División de Impresión

ELEMENTAL
CHLORINE
FREE
GUARANTEED





www.empresaeeficiente.com

www.gasnaturalfenosa.es