

GUÍAS SOBRE MEDIO AMBIENTE, SALUD Y SEGURIDAD PARA LA PRODUCCIÓN Y EL PROCESAMIENTO DE ACEITE VEGETAL

INTRODUCCIÓN

1. Las Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad (MASS) son documentos de referencia técnica que contienen ejemplos generales y específicos de la práctica internacional recomendada para la industria en cuestión¹. Cuando uno o más miembros del Grupo Banco Mundial participan en un proyecto, estas Guías sobre MASS se aplican con arreglo a los requisitos de sus respectivas políticas y normas. Las presentes Guías sobre MASS para este sector de la industria deben usarse junto con el documento que contiene las **Guías generales sobre MASS**, en el que se ofrece orientación a los usuarios respecto de cuestiones generales sobre la materia que pueden aplicarse potencialmente a todos los sectores industriales. Los proyectos más complejos podrían requerir el uso de múltiples guías para distintos sectores de la industria. Para obtener una lista completa de guías sobre los distintos sectores de la industria, visite: www.ifc.org/ehsguidelines.
2. Las Guías sobre MASS contienen los niveles y los indicadores de desempeño que generalmente pueden lograrse en instalaciones nuevas, con la tecnología existente y a costos razonables. En lo que respecta a la posibilidad de aplicar estas guías a instalaciones ya existentes, podría ser necesario establecer metas específicas del lugar, así como un calendario adecuado para alcanzarlas.
3. La aplicación de las guías debe adaptarse a los peligros y riesgos establecidos para cada proyecto sobre la base de los resultados de una evaluación ambiental en la que se tengan en cuenta las variables específicas del emplazamiento, como las circunstancias del país receptor, la capacidad de asimilación del medio ambiente y otros factores relativos al proyecto. La decisión de aplicar recomendaciones técnicas específicas debe basarse en la opinión profesional de personas idóneas y con experiencia.
4. En los casos en que el país receptor tenga reglamentaciones diferentes a los niveles e indicadores presentados en las Guías sobre MASS, los proyectos deben alcanzar los que sean más rigurosos. Cuando, en vista de las circunstancias específicas de cada proyecto, se considere necesario aplicar medidas o niveles menos exigentes que aquellos proporcionados por estas Guías sobre MASS, será necesario aportar una justificación exhaustiva y detallada de las alternativas propuestas como parte de la evaluación ambiental en un emplazamiento concreto. Esta justificación debería demostrar que los niveles de desempeño escogidos garantizan la protección de la salud y el medio ambiente.

¹ Definida como el ejercicio de la aptitud profesional, la diligencia, la prudencia y la previsión que podrían esperarse razonablemente de profesionales idóneos y con experiencia que realizan el mismo tipo de actividades en circunstancias iguales o semejantes en el ámbito mundial. Las circunstancias que los profesionales idóneos y con experiencia pueden encontrar al evaluar el amplio espectro de técnicas de prevención y control de la contaminación a disposición de un proyecto pueden incluir, sin que la mención sea limitativa, diversos niveles de degradación ambiental y de capacidad de asimilación del medio ambiente, así como diversos grados de factibilidad financiera y técnica.

APLICABILIDAD

5. Las **Guías sobre MASS para la producción y el procesamiento del aceite vegetal** son aplicables a las instalaciones dedicadas a la extracción y al procesamiento de aceites y grasas procedentes de una variedad de semillas, granos y frutos secos, como canola, ricino, semillas de algodón, mostaza, oliva, palma, palmiste, maní (cacahuete), colza, cártamo, sésamo, soja y girasol. También se ocupan de los procesos de producción y refinado de aceite crudo, desde la elaboración de materias primas hasta el embotellado y envasado de los productos finales para consumo humano o animal. Sin embargo, estas Guías sobre MASS no se aplican a la producción de biocombustibles. El Anexo A contiene una descripción completa de las actividades de este sector industrial. Las **Guías sobre MASS para la producción de cultivos anuales y para la producción de cultivos perennes** atienden a la producción de semillas oleaginosas, granos y racimos de fruta fresca de aceite de palma.

Este documento está dividido en las siguientes secciones:

1. Manejo e impactos específicos de la industria	2
1.1 Medio ambiente	2
1.2 Higiene y seguridad ocupacional	9
1.3 Higiene y seguridad en la comunidad	13
2. Seguimiento de los indicadores del desempeño	14
2.1 Medio ambiente.....	14
2.2 Higiene y seguridad ocupacional	16
3. Referencias	19
Anexo A. Descripción general de las actividades de la industria	24

1. MANEJO E IMPACTOS ESPECÍFICOS DE LA INDUSTRIA

6. La siguiente sección contiene una síntesis de las cuestiones relativas al medio ambiente, la salud y la seguridad asociadas a la producción y el procesamiento de aceite vegetal que tienen lugar durante la fase operativa, así como recomendaciones para su manejo. En las **Guías generales sobre MASS** se ofrecen recomendaciones para la gestión de las cuestiones de este tipo que son comunes a la mayoría de los grandes establecimientos industriales durante las etapas de construcción y de desmantelamiento.

1.1 Medio Ambiente

7. Las cuestiones ambientales relacionadas con la fase operativa de la producción y el procesamiento de aceite vegetal incluyen principalmente:

- residuos y subproductos sólidos;
- consumo y gestión del agua;
- consumo y gestión de la energía;
- emisiones al aire;
- emisiones de gases de efecto invernadero (GEI);
- materiales peligrosos.

1.1.1 Residuos y Subproductos Sólidos

8. Las actividades de procesamiento del aceite vegetal generan un volumen considerable de residuos orgánicos y subproductos sólidos, como los racimos de fruta vacíos (EFB, por sus siglas en inglés) y el palmiste residual del procesamiento del aceite de palma o las tortas de aceite de oliva y la pulpa del procesamiento de las aceitunas. El volumen de residuos generado depende de la calidad de las materias primas y la eficiencia del proceso. Se pueden usar los desechos, los residuos y los subproductos para fabricar subproductos comercialmente viables o para generar energía. Otros residuos sólidos derivados del proceso de fabricación de aceite vegetal son la pasta de neutralización y los ácidos usados en el refinado químico del aceite crudo; las tierras decolorantes usadas que contienen gomas, metales y pigmentos; el destilado procedente de la destilación por vapor de aceites refinados comestibles; el mucílago procedente del desgomado, y los catalizadores usados y los agentes filtrantes empleados en el proceso de endurecimiento.

9. Las técnicas recomendadas para minimizar el volumen de residuos y subproductos sólidos para desecho incluyen:

- Reducir las pérdidas de producto mediante un mejor control de la producción y del almacenamiento (es decir, medir y ajustar la humedad del aire para evitar las pérdidas de producto provocadas por la formación de moho en las sustancias comestibles).
- Recoger los residuos procedentes de la fase de preparación de las materias primas para su acondicionamiento (secado) y reprocesamiento (molturación) para la obtención de subproductos (por ejemplo, alimento para consumo animal).
- Devolver los desechos y los residuos a los terrenos para ayudar a conservar los nutrientes del suelo; por ejemplo, los EFB de las plantaciones de aceite de palma mezclados con los restos de la poda de árboles resultan valiosos para mejorar el suelo o para el compostaje con aguas residuales del aceite vegetal.
- Usar los desechos y los residuos para la generación de energía en las calderas de la planta del proyecto. Nótese, sin embargo, que la quema de los residuos de los cultivos puede generar emisiones atmosféricas relativamente altas (como las emisiones de partículas (PM)) y que el manejo, el almacenamiento y el procesamiento de residuos de cultivos pueden dar lugar a riesgos de incendios potenciales (debido a polvos combustibles, por ejemplo); por lo tanto, se debe solicitar el asesoramiento de expertos sobre las características de los combustibles y el diseño de las calderas al planificar el uso de biocombustibles en esta forma.
- Estudiar las siguientes opciones para una eliminación responsable de las tierras decolorantes usadas:
 - Emplearlas como fertilizantes, siempre que no estén contaminadas con metales pesados como el níquel, residuos de plaguicidas y otros contaminantes.
 - Recuperar los aceites sin calidad alimentaria de las tierras decolorantes usadas que podrían utilizarse para otras aplicaciones (materia prima para su conversión a biodiésel o lubricantes biológicos).
 - Evitar la aplicación directa en suelos agrícolas. Agregar la tierra usada a otros residuos y abonos orgánicos para evitar el contacto con el aire y el riesgo de combustión espontánea de las tierras decolorantes usadas.

- Si están contaminadas, manejarlas de acuerdo con las directrices sobre gestión de residuos de las **Guías generales sobre MASS**.
 - Considerar la posibilidad de utilizarlas como materia prima para la fabricación de ladrillos, bloques y cemento.
- Estudiar las siguientes opciones para el uso de destilados (por ejemplo, ácidos grasos libres y compuestos orgánicos volátiles (COV)), dependiendo del nivel de contaminantes (plaguicidas o residuos):
 - Utilizarlos como alimento para consumo animal cuando no estén contaminados.
 - Emplearlos como materia prima en procesos industriales químicos (por ejemplo, antioxidantes).
 - Utilizarlos como combustible para la producción de energía.
- El catalizador de níquel empleado en la hidrogenación:
 - se reciclará o recuperará para reutilizar como catalizador de níquel o metal de níquel, sal, entre otros, o
 - se almacenará y eliminará de acuerdo con las directrices sobre manejo de residuos peligrosos de las **Guías generales sobre MASS**.
- Manejar ayudas filtrantes mezcladas con níquel de acuerdo con las recomendaciones para catalizadores de níquel.
- Utilizar lodos y efluentes no contaminados provenientes del tratamiento de aguas residuales *in situ* como fertilizante en las aplicaciones agrícolas o como combustible suplementario para la caldera. Las **Guías generales sobre MASS** y las **Guías sobre MASS para agua y saneamiento** proporcionan recomendaciones para el manejo de las cuestiones habituales relacionadas con los lodos y los efluentes. Eliminar los lodos contaminados procedentes del tratamiento de aguas residuales en vertederos sanitarios o mediante su incineración. La incineración de residuos solo debe realizarse en instalaciones autorizadas que cumplan la normativa internacional vigente para la prevención y el control de la contaminación².

1.1.2 Consumo y Gestión del Agua

10. Las instalaciones de procesamiento de aceite vegetal requieren grandes cantidades de agua para la producción de aceite crudo (agua de refrigeración), los procesos de neutralización química y los procesos de lavado y desodorización posteriores. Las recomendaciones generales para reducir el consumo de agua, especialmente en aquellos sitios en que pueda ser un recurso natural escaso, se proporcionan en las **Guías generales sobre MASS**. Las recomendaciones específicas del sector para reducir el consumo de agua, optimizar la eficiencia del uso del agua y reducir los volúmenes de aguas residuales consiguientes incluyen:

- Cuando resulte económicamente viable, estudiar la posibilidad de emplear el refinado físico en lugar de químico para reducir el consumo de agua.
- Reemplazar los sistemas de transporte que utilizan agua por sistemas mecánicos (sinfines o cintas transportadoras).

² Las **Guías generales sobre MASS para las plantas de manejo de residuos** contienen ejemplos de problemas ambientales clave asociados a las incineradoras.

- Aplicar los procedimientos de limpieza *in situ* para contribuir a la reducción del consumo de sustancias químicas, agua y energía durante las operaciones de limpieza.
- Recuperar y reutilizar el condensado procedente de los procesos de calentamiento.
- Modernizar los aspersores de agua (por ejemplo, para que incluyan chorros o boquillas).
- Utilizar técnicas de limpieza en seco antes de enjuagar los pisos.
- Limpiar manualmente los recipientes antes de enjuagarlos para extraer los sólidos para su recuperación o eliminación.
- Usar sistemas de lavado de alta presión y bajo volumen, y válvulas de cierre automático.
- Las aguas residuales del proceso de fabricación de aceite vegetal generadas durante las fases de lavado y neutralización del aceite pueden registrar un elevado contenido de sustancias orgánicas y, por consiguiente, alta demanda biológica (DBO) y química de oxígeno (DQO). Asimismo, estas aguas pueden contener una alta concentración de sólidos en suspensión, nitrógeno orgánico, aceites y grasas, así como residuos de plaguicidas derivados del tratamiento de las materias primas. Las medidas recomendadas para reducir la carga de contaminantes incluyen: la instalación de bandejas de contención de derrame para la recolección de sólidos en lugares adecuados de la línea de producción y el empleo de técnicas de separación de emulsiones (por ejemplo, flotación por aire disuelto a presión) para separar los aceites de alta DBO y DQO de las aguas residuales.
- Emplear mallas para cubrir los drenajes en el área de producción e impedir la entrada de residuos sólidos y líquidos concentrados en la corriente de aguas residuales
- Elegir los desinfectantes químicos adecuados para la limpieza de los equipos de proceso según el problema a tratar. Las sustancias cáusticas (por ejemplo, lejías) suelen emplearse para las grasas polimerizadas, y los ácidos, para los depósitos de cal.
- Aplicar los productos químicos de limpieza utilizando la dosis y el método adecuados.
- Tratar y vertir adecuadamente las soluciones de limpieza (por ejemplo, mediante procesos de purificación de la glicerina primaria) para separar los aceites y ácidos grasos de la fase de agua y emplear posteriormente una trampa de aceite.
- Cuando sea factible, reducir el ácido fosfórico en las operaciones de desgomado mediante el uso de procesos mejorados de neutralización o métodos alternativos como el desgomado enzimático (esto reduce la carga de fósforo en las aguas residuales y, además, reduce ligeramente el volumen de lodo generado).

Tratamiento de aguas residuales de procesos

11. Las técnicas empleadas para tratar las aguas residuales de procesos industriales en este sector incluyen los filtros de grasa, *skimmers* o separadores de aceite/agua para eliminar los sólidos flotantes; la equalización de flujo y carga; la sedimentación destinada a reducir los sólidos en suspensión mediante el empleo de clarificadores; el tratamiento biológico, normalmente anaerobio, seguido del tratamiento aerobio, para reducir la materia orgánica soluble (DBO); la eliminación de nutrientes biológicos para reducir el nitrógeno y el fósforo; la cloración de los efluentes, siempre que sea necesario realizar la desinfección, y la deshidratación y eliminación de residuos. En algunos casos, podrá realizarse un compostaje o aplicar a suelos agrícolas residuos de aguas residuales previamente tratadas y de calidad

aceptable. Puede ser necesario implementar controles de ingeniería adicionales para contener y neutralizar los olores molestos.

12. En las **Guías generales sobre MASS** se explica la gestión de aguas residuales industriales y se ofrecen ejemplos de enfoques para su tratamiento. Mediante el uso de estas tecnologías y buenas prácticas técnicas para la gestión de aguas residuales, incluido un programa regular de mantenimiento, los establecimientos deberían cumplir con los valores para la descarga de aguas residuales que se indican en el cuadro correspondiente de la Sección 2 del presente documento para la industria.

Otras corrientes de aguas residuales

13. En las **Guías generales sobre MASS** se dan orientaciones sobre el manejo de aguas residuales no contaminadas procedentes de operaciones de servicios públicos, aguas pluviales no contaminadas y aguas de alcantarillado. Las corrientes contaminadas deben desviarse hacia el sistema de tratamiento de aguas residuales de procesos industriales.

1.1.3 Consumo y gestión de la energía

14. Las instalaciones de procesamiento de aceite vegetal utilizan energía para calentar el agua y producir vapor para las actividades de procesamiento (especialmente las de purificación de glicerina primaria y desodorización) y procesos de limpieza. La refrigeración y el aire comprimido son otros sistemas que habitualmente consumen energía. Además de las recomendaciones de conservación de la energía proporcionadas en las **Guías generales sobre MASS**, las recomendaciones específicas de este sector incluyen lo siguiente:

- Mejorar la uniformidad del abastecimiento para estabilizar y reducir la energía requerida.
- Aumentar la eficiencia de la extracción del aire de los depósitos de esterilización para mejorar la transferencia de calor.
- Identificar e implementar oportunidades para el intercambio de calor en el proceso; por ejemplo, intercambiadores de calor aceite-aceite en el proceso continuo de desodorización.
- Reducir el consumo de vapor de extracción mediante la mejora de la eficiencia del proceso; por ejemplo, mejorar el diseño de la bandeja de extracción. Cuando sea posible, considerar tecnologías como los sistemas de condensación de hielo seco que pueden reducir el consumo de energía.
- Considerar la cogeneración (producción combinada de calor y electricidad (CHP por sus siglas en inglés)) para mejorar la eficiencia energética.
- Considerar métodos más avanzados, como el uso de enzimas, para procesos como el desgomado o la recuperación de aceite.
- Cuando sea viable, utilizar la digestión anaerobia para el tratamiento de aguas residuales y capturar el metano para la producción de calor o la producción de energía.

1.1.4 Emisiones al aire

Emisiones de procesos

15. La materia particulada (polvo) y los COV son las principales emisiones derivadas de la producción y el procesamiento del aceite vegetal. El polvo procede del procesamiento de materias primas, incluyendo la limpieza, selección y trituración, mientras que las emisiones de COV provienen del uso de disolventes para la extracción del aceite, normalmente el hexano³. Las emisiones de disolventes proceden de distintas fuentes dentro de las plantas de procesamiento de aceite vegetal, incluyendo la unidad de recuperación de disolventes, el secador y refrigerador, y las fugas en tuberías y sistemas de ventilación, y el almacenamiento de productos. Si se utiliza un método de fraccionamiento, el proceso de refinado generará emisiones adicionales. La presencia de pequeñas cantidades de disolventes en el aceite vegetal crudo puede darse cuando el aceite se ha extraído empleando disolventes; estas se volatilizan durante el proceso de refinado del aceite, sobre todo durante su desodorización. Las emisiones de olores proceden de múltiples fuentes (como los hornos, la purificación de glicerina primaria o la generación de vacío).

16. Algunas de las técnicas recomendadas para prevenir y controlar los COV son:

- Mejoras en los procesos, por ejemplo:
 - Optimizar la recuperación de disolventes mediante la destilación del aceite del extractor.
 - Emplear una ventilación posterior de las cisternas de suministro de disolvente durante el llenado del tanque de almacenamiento a granel.
 - Mejorar los sistemas de recolección de aire de escape.
 - Aplicar sistemas de prevención de fugas.
- Adopción de tecnologías de reducción:
 - Recuperar los vapores de disolvente, siempre que sea factible, principalmente mediante el uso de desolventizadores-tostadores a contracorriente en la extracción del aceite vegetal.
 - Emplear un condensador, un evaporador y un separador por gravedad para tratar los condensados con alto contenido de disolventes, reducir las emisiones de disolventes y reducir el riesgo de explosiones en el alcantarillado.
 - Depurar el aire cargado de hexano del proceso de condensación/evaporación con aceite mineral.
 - Considerar la condensación criogénica en el proceso de fraccionamiento del disolvente. Las buenas prácticas recomiendan emplear un proceso de circuito cerrado en el que se reutiliza el 99,9 % del disolvente aportado.
- Las **Guías generales sobre MASS** contienen recomendaciones adicionales para la prevención y el control de las emisiones de COV.

³ Algunas jurisdicciones clasifican el hexano como un contaminante peligroso del aire.

17. Algunas de las técnicas recomendadas para prevenir y controlar el polvo y los olores son:
- Garantizar el correcto mantenimiento de los equipos de limpieza, selección y trituración, incluidos los sistemas de ventilación y manipulación del aire, para reducir las emisiones fugitivas de polvo, y evitar el uso de aire comprimido o vapor para la limpieza.
 - Instalar colectores centrífugos y/o filtros textiles o precipitadores electrostáticos en ciertas salidas de aire, incluidos secadores, refrigeradores y trituradoras de harinas, para eliminar las emisiones de olor.
 - Reducir las emisiones de olores (por ejemplo, las procedentes de la purificación de glicerina primaria, los hornos empleados en el proceso de extracción, sistemas de vacío y sistemas presurizados) con un lavador cáustico, alcalino o de ozono, o bien incinerando el gas en una central de calderas o en sistemas incineradores independientes.

Productos de combustión

18. Las plantas de procesamiento de aceite vegetal consumen grandes cantidades de energía durante el uso de calderas auxiliares para la generación de energía de vapor. Las emisiones relacionadas con la operación de dichas fuentes de energía de vapor consisten normalmente en subproductos de combustión tales como NO_x, SO_x, emisiones de partículas, COV y GEI (CO₂). Las estrategias de manejo recomendadas incluyen la adopción de una estrategia combinada que incluya la reducción de la demanda de energía, el uso de combustibles más limpios y la aplicación de los controles de emisiones necesarios. Las **Guías generales sobre MASS** contienen recomendaciones sobre eficiencia energética

19. En las **Guías generales sobre MASS** se ofrecen recomendaciones sobre la gestión de pequeñas emisiones de fuentes de combustión con una capacidad de hasta 50 megavatios térmicos (MWt), incluidas las normas de emisión al aire por emisiones de escape. Las **Guías sobre MASS para las plantas de energía térmica** contienen orientaciones aplicables a fuentes de combustión con una capacidad superior a los 50 MWt.

1.1.5 Emisiones de gases de efecto invernadero

20. El procesamiento de aceite vegetal produce emisiones de GEI mediante el uso de energía proveniente de combustibles fósiles. Los proyectos deben gestionar el uso de energía de acuerdo con las **Guías generales sobre MASS**.

21. El tratamiento o la eliminación anaerobia de la alta carga de nutrientes de las aguas residuales puede producir emisiones de metano (CH₄). También puede ser una fuente de emisiones de óxido nitroso (N₂O) derivadas de la degradación de los componentes de nitrógeno de las aguas residuales (por ejemplo, urea, nitrato y proteína). Las medidas recomendadas para prevenir y controlar las emisiones de GEI no relacionadas con combustibles fósiles incluyen:

- Evitar condiciones anaerobias abiertas en el tratamiento de aguas residuales garantizando un programa regular de mantenimiento operativo en el sistema de tratamiento de estas aguas.
- Considerar el uso de métodos biológicos de tratamiento de aguas residuales, como la digestión anaerobia y la captura de metano; el empleo del efluente residual para riego; el compostaje conjunto de subproductos, cuando proceda (por ejemplo, los EFB de aceite de palma con

efluente residual de nutrientes o los residuos de la almazara con aguas residuales), y la desintoxicación mediante fijación de nitrógeno.

1.1.6 Materiales peligrosos

22. El procesamiento del aceite vegetal implica el transporte, el almacenamiento y la utilización de cantidades a granel de ácidos, álcalis, disolventes e hidrógeno durante la extracción y el refinado. El transporte, el almacenamiento y la manipulación pueden dar lugar a vertidos y otros tipos de descargas con impactos potencialmente nocivos para los recursos del suelo y del agua. Sus propiedades inflamables y otras potencialmente peligrosas también constituyen un riesgo de incendios y explosiones. Los materiales peligrosos deben manejarse de acuerdo con las recomendaciones descritas en las **Guías generales sobre MASS**.

1.2 Higiene y seguridad ocupacional

23. Los riesgos que la construcción y el desmantelamiento de las plantas de procesamiento de aceite vegetal entrañan para la higiene y la seguridad en el trabajo son similares a los que se producen en la mayoría de las instalaciones industriales; su prevención y control se analizan en las **Guías generales sobre MASS**. Los peligros en materia de higiene y seguridad durante la fase operativa incluyen:

- Riesgos de origen químico.
- Riesgos físicos:
 - ingreso en espacios reducidos;
 - riesgos eléctricos;
 - riesgo de incendio y explosión;
 - ruido.

1.2.1 Riesgos de origen químico

24. Los trabajadores de las plantas de procesamiento de aceite vegetal pueden verse expuestos a sustancias peligrosas debido a la inhalación de hexano u otros disolventes empleados en la fase de extracción; la inhalación de sustancias químicas tóxicas (por ejemplo, la inhalación de metilato de sodio puede provocar quemaduras en la piel y tejido pulmonar); la exposición de ojos y piel a ácidos y bases; la inhalación de polvo generado durante el transporte de materias primas (por ejemplo, semillas y granos enviados a la planta de trituración); la inhalación de polvo derivado del tratamiento y transporte de harinas; la inhalación de polvo procedente de las tierras decolorantes, filtros de ayuda y catalizadores de níquel, y la inhalación de aflatoxinas presentes en las materias primas. Las **Guías generales sobre MASS** proporcionan orientaciones para la gestión de riesgos de origen químico en el lugar de trabajo.

25. Entre las recomendaciones adicionales para el sector se incluyen:

- Garantizar una adecuada circulación del aire para reducir la concentración de disolventes en las zonas dedicadas a la extracción de aceite.
- Proporcionar ventilación, especialmente en los puestos de trabajo que impliquen el manejo de materias primas, molturación, manejo de tierras decolorantes y uso de disolventes.



- Mantener la concentración de COV en el aire por debajo del 10 % de los límites explosivos inferiores. El límite explosivo inferior para el hexano se sitúa en el 1,1 % (volumen por volumen (v/v)), mientras que el límite superior es del 7,5 % (v/v).
- Garantizar una adecuada destilación del aceite tras la extracción para eliminar de forma eficaz los disolventes.
- Prevenir las fugas y el derrame de aceites en la planta de extracción.
- Controlar la temperatura de inflamación de los aceites extraídos entrantes y emplear controles de temperatura en todas las instalaciones receptoras de los aceites extraídos con disolventes.
- Siempre que sea factible, emplear para la limpieza agua caliente en lugar de disolventes.

1.2.2 Riesgos físicos

26. Los riesgos físicos en las plantas dedicadas a la producción y al procesamiento de aceite vegetal son similares a los descritos para otros sectores de la industria, a saber, las caídas provocadas por suelos y escaleras resbaladizos, lesiones provocadas por maquinaria o componentes móviles descubiertos, riesgos asociados a posibles choques con vehículos de transporte interno (por ejemplo, camiones), y el contacto accidental con sistemas transportadores (como los empleados en las plantas de triturado y en la eliminación de tierras usadas). Las **Guías generales sobre MASS** incluyen orientaciones sobre la prevención y el control de los riesgos físicos.

Ingreso en espacios reducidos

27. Los silos de granos presentan un riesgo significativo de muerte por asfixia. Pocas horas después de su llenado, los óxidos de nitrógeno extremadamente tóxicos y el CO₂ comienzan a acumularse en la cabecera del silo. Los tanques cisterna también pueden acarrear un riesgo de asfixia si, por ejemplo, se lavan con nitrógeno antes de la carga. Las **Guías generales sobre MASS** contienen recomendaciones para la gestión de los riesgos para la salud y la seguridad ocupacional asociados con los espacios reducidos.

Riesgos eléctricos

28. Los sistemas eléctricos plantean un peligro para los trabajadores que puede resultar en lesiones o muertes. Las **Guías generales sobre MASS** incluyen orientaciones sobre la prevención de riesgos y el control de los sistemas eléctricos. A continuación se identifican recomendaciones específicas del sector aplicables a la seguridad en los silos.

Riesgo de incendio y explosión

29. Los riesgos de incendio y explosión ocurren en diferentes etapas de la producción y el procesamiento del aceite vegetal y pueden conducir a pérdidas materiales, así como a posibles lesiones o muertes de los trabajadores del proyecto. La seguridad general contra incendios se debe manejar de acuerdo con las **Guías generales sobre MASS**. Los riesgos específicos del sector se derivan de la combustibilidad del aceite vegetal y los altos volúmenes de polvo inflamable presente tanto en la manipulación como en las instalaciones de almacenamiento de cereales y semillas oleaginosas. El control y la eliminación de este polvo y el control o la eliminación de posibles fuentes de ignición son

esenciales para eliminar el riesgo de explosión. Las posibilidades de autocalentamiento e ignición generan un riesgo de combustión en el almacenamiento de granos y semillas. La seguridad en los silos de estos productos, así como en el almacenamiento de aceite, es crítica. Las instalaciones de procesamiento de aceite vegetal también presentan el riesgo de explosiones resultante de la volatilización del disolvente disuelto en el aceite (por ejemplo, hexano), junto con el riesgo de incendio procedente de la combinación de tierras decoloradas usadas con aceite con una alta concentración de yodo, alta temperatura ambiental y fuerte circulación o corriente de aire.

Polvo inflamable y seguridad de los silos

30. Se recomiendan las siguientes medidas para prevenir y controlar los incendios y las explosiones de polvo inflamable⁴:

- Emplear normas internacionalmente reconocidas en el diseño y la operación⁵.
- Clasificar las áreas en función de sus respectivas categorías de riesgo siguiendo las prácticas y los requisitos de las normas internacionalmente reconocidas⁶ e instalar circuitos eléctricos intrínsecamente seguros y dispositivos eléctricos contra explosiones (incluyendo la iluminación).
- Desarrollar e implementar un programa de mantenimiento integral para evitar la acumulación de polvo. No se debe emplear aire comprimido para limpiar el polvo, debido al riesgo de elevar el nivel de polvo en la atmósfera; se debe inspeccionar regularmente y aprobar el uso de todos los equipos de mantenimiento, en especial, las herramientas de soldadura y otras herramientas eléctricas.
- Evitar las fuentes de calor por fricción mediante la adopción de prácticas o tecnologías apropiadas.
- Controlar la electricidad estática. Por ejemplo, las correas de los elevadores deben estar fabricadas con material antiestático o tener propiedades antiestáticas; durante la transferencia neumática de sustancias combustibles, se debe asegurar la interconexión eléctrica y la puesta a tierra de vehículos cisterna para evitar la electricidad estática.
- Disponer una conexión a tierra adecuada y protección contra los rayos para los silos de conformidad con normas internacionalmente reconocidas.

⁴ Persson (2013); Krause (2009); Francia, MEDDAT (2008).

⁵ Por ejemplo, EN 1127-1: *Atmósferas explosivas*, "Prevención de explosiones y protección contra estas"; EN 13463-1: Equipos no eléctricos destinados a atmósferas potencialmente explosivas; NFPA 61: *Standard for the Prevention of Fires and Dust Explosions in Agricultural and Food Processing Facilities* (Norma para la prevención de incendios y explosiones de polvo en establecimientos agrícolas y de procesamiento de alimentos), edición de 2013; NFPA 654: *Standard for the Prevention of Fire and Dust Explosions from the Manufacturing, Processing, and Handling of Combustible Particulate Solids* (Norma para la prevención de incendios y explosiones de polvo derivados de la manufactura, el procesamiento y la manipulación de combustibles); OSHA 29 CFR 1910.272: *Grain Handling Facilities Standard* (Norma para establecimientos de manipulación de granos), https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9874; Directiva 94/9/CE sobre los aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas (ATEX) <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:01994L0009-20130101&from=EN>; Arrêté du 29/03/04 relatif à la prévention des risques présentés par les silos de céréales, de granos, de produits alimentaires ou de tout autre produit organique dégageant des poussières inflammables, http://www.ineris.fr/aida/consultation_document/5163.

⁶ Código Eléctrico Nacional de los Estados Unidos.

- Controlar el acceso a zonas con un alto riesgo de explosión, por ejemplo, limitar el acceso únicamente a personal calificado.
- Garantizar que la zona de volcado está completamente cerrada y que el diseño y el mantenimiento de la malla en la zona de volcado eviten la entrada de piedras y metales.
- Aislar los sistemas de calefacción y las superficies del polvo.
- Instalar sistemas de supresión y control del polvo en los elevadores de los silos y las cintas transportadoras para evitar la acumulación de polvo en áreas de transferencia de granos; por ejemplo, se debe emplear un sistema de control del polvo en las zonas de volcado, instalado preferentemente debajo de la malla y por encima de la tolva de recepción.
- Asegurarse de que el personal desarrolle y entienda los planes y los procedimientos de emergencia. Instalar equipos adecuados de detección en los silos, como cables sensores de temperatura y detectores de gas. Los detectores de calor y chispas deben conectarse a un sistema de extinción instalado en los sistemas de transporte (cintas transportadoras, sistemas de extracción de polvo, etc.) para reducir el riesgo de ignición.
- Establecer una operación de extinción (por ejemplo, agua, espuma, polvo, gases inertes) adecuada a la estructura del silo y el material a granel almacenado. El silo debe contar con conexiones o aberturas adecuadas al método planificado y la estructura del silo; por ejemplo, se deben colocar los sistemas de tuberías y conexiones en la parte superior de la pared del silo si el techo no se considera lo suficientemente fuerte como para soportar una explosión.
- Considerar un sistema independiente de descarga de emergencia (es decir, un transportador independiente en la salida del silo) a un lugar seguro fuera del silo para reducir el riesgo de propagación del fuego dentro de la planta y asegurar la presencia de material para la extinción de incendios. Si se utilizan sistemas ordinarios de transporte para la descarga de emergencia, se debe considerar el empleo de cadenas y tornillos de transporte para evitar la generación de calor por fricción.
- Considerar un sistema fijo de extinción de incendios por gas, adaptado al diámetro y la estructura del silo, que permita una respuesta rápida y apropiada al fuego.
- Asegurarse de que los depósitos o los tanques tengan suficiente capacidad de ventilación de emergencia para aliviar el exceso de presión interna en caso de incendio; si el silo se encuentra dentro de una planta, evacuar los gases al exterior.

Riesgos del procesamiento

31. Otros riesgos de incendio y explosión en el procesamiento de aceite vegetal incluyen los aires inflamables generados por las fugas de hexano⁷, el aire retenido en el desodorizante a altas temperaturas y la posibilidad de ignición espontánea de las tierras decolorantes usadas. Cuando se producen otras modificaciones del aceite procesado, pueden generarse riesgos como el de explosión por fugas de hidrógeno (en la fase de hidrogenación) o la producción de sustancias inflamables. Se recomiendan las siguientes medidas para prevenir y controlar estos riesgos⁸:

⁷ Por ejemplo, Fediol (2006); Directiva 94/9/CE sobre los aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas (ATEX); <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:01994L0009-20130101&from=EN>; NFPA-36: Plantas de extracción de disolventes.

⁸ Hamm, W., R. J. Hamilton y G. Calliau (comps.), 2013.

- Garantizar un mantenimiento regular y adecuado del equipo para evitar fugas.
- Establecer procedimientos de arranque, parada y mantenimiento, y capacitar al personal para identificar fugas de aire y responder a la ocurrencia de incendios.
- Conectar una línea de suministro de nitrógeno al desodorizante para poder reducir el nivel de oxígeno en caso de incendio.
- Se debe prevenir el exceso de presión del desodorizante con una combinación de un disco de ruptura y una válvula de descarga de presión.
- Almacenar los bidones de catalizadores en lugares secos y cerrados con conexiones eléctricas de toma de tierra. Transportar las bolsas del bidón al sistema de dosificación dentro de un contenedor para evitar el contacto con la humedad. Utilizar todo el contenido de las bolsas; no dejar contenido sin usar porque también podría causar contacto con la humedad.

Ruido

32. Los trabajadores de las plantas de aceite vegetal también pueden verse expuestos al ruido provocado por los vehículos de transporte interno, sistemas transportadores, calderas, bombas, ventiladores y diversas fugas de vapor de agua y aire. Las **Guías generales sobre MASS** incluyen orientaciones sobre la prevención y el control de la exposición al ruido.

1.3 Higiene y seguridad en la comunidad

33. Los impactos en la higiene y seguridad de la comunidad durante la fase operativa de las plantas de procesamiento de aceite vegetal son comunes a la mayor parte de los sectores industriales, incluidos aquellos relacionados con la seguridad del tráfico durante el transporte de materias primas y productos acabados, descritos en las **Guías generales sobre MASS**. Los problemas específicos de la industria que pueden afectar a la comunidad o al público en general se refieren a la posible presencia de patógenos y contaminantes en el aceite procesado (por ejemplo, plaguicidas residuales).

1.3.1 Impactos y gestión de la seguridad alimentaria

34. La seguridad alimentaria es un riesgo específico del sector de procesamiento de aceite vegetal. Por ejemplo, negocios en principio viables pueden verse perjudicados por el retiro de un producto provocado por la presencia de productos contaminados o adulterados comercializados y atribuibles a una empresa específica. En caso de que la empresa pueda asociar sus productos con números de lote específicos, el retiro consistirá en sacar todos los productos afectados asociados con unos números de lote en concreto.

35. Gracias a la implementación de sistemas de gestión de la seguridad alimentaria, las empresas pueden protegerse frente a la adulteración, contaminación e impactos del retiro de productos. Por consiguiente, el procesamiento del aceite vegetal debe ajustarse a la normativa sobre seguridad alimentaria reconocida en el ámbito internacional y cumplir con los principios de análisis de peligros y puntos de control crítico (APPCC)⁹, el Codex Alimentarius de la Organización de las Naciones Unidas

⁹ ISO, 2005.

para la Alimentación y la Agricultura (FAO)/Organización Mundial de la Salud (OMS), y la norma ISO 22000. Los principios recomendados para garantizar la seguridad de los productos incluyen:

- Institucionalizar plenamente los requisitos previos de los APPCC: saneamiento, buenas prácticas de gestión, aplicación de programas de gestión integrada de plagas y vectores, y maximización de los controles mediante medios mecánicos (por ejemplo, trampillas y mallas en puertas y ventanas), control químico, control de alérgenos y establecimiento de un mecanismo para las quejas de los clientes.
- Considerar la mejora de los planes de seguimiento de dioxinas y bifenilos policlorados similares a las dioxinas¹⁰.
- Todo el personal debe recibir capacitación para asegurarse de que son conscientes de las posibles contaminaciones y crecimientos microbiológicos durante el procesamiento, manejo de materiales, almacenamiento y mantenimiento (por ejemplo, la contaminación por salmonela).
- Se deben emplear tierras decolorantes de calidad alimentaria para el procesamiento de alimentos y productos para la alimentación para evitar riesgos para la salud pública derivados de la contaminación de alimentos y piensos¹¹.

2. SEGUIMIENTO DE LOS INDICADORES DEL DESEMPEÑO

2.1 Medio ambiente

2.1.1 Guías sobre emisiones y efluentes

36. En los cuadros 1 y 2 se presentan las guías sobre emisiones y efluentes para este sector. Las cantidades correspondientes a las emisiones y efluentes de los procesos industriales en este sector son indicativas de las buenas prácticas internacionales recomendadas para la industria, reflejadas en las normas correspondientes de los países que cuentan con marcos normativos reconocidos. Los valores indicativos de los efluentes son aplicables a los vertidos directos de efluentes tratados a aguas superficiales para uso general. Los niveles de vertido específicos del emplazamiento pueden establecerse basándose en la disponibilidad y las condiciones de los sistemas de tratamiento y recolección de aguas de alcantarillado público o, si se vierten directamente a las aguas superficiales, basándose en la clasificación del uso del agua receptora que se describe en las **Guías generales sobre MASS**.

37. Estos valores pueden alcanzarse en condiciones normales de funcionamiento de instalaciones adecuadamente diseñadas, utilizadas y mantenidas mediante la aplicación de las técnicas de prevención y control de la contaminación que se han analizado en las secciones anteriores de este documento. Estos niveles se deben lograr, sin dilución, al menos el 95 % del tiempo que opera la planta o unidad, calculado como proporción de las horas de operación anuales. El incumplimiento de estos niveles debido a las condiciones de determinados proyectos locales se debe justificar en la evaluación ambiental correspondiente.

¹⁰ Fediol, 2006.

¹¹ Disponible en <http://www.acqih.org/TLV/> y <http://www.acqih.org/store/>.

38. Las guías sobre emisiones se aplican a las emisiones del proceso. Las **Guías generales sobre MASS** contienen orientaciones sobre las emisiones asociadas con sistemas diseñados para generar energía eléctrica o mecánica, vapor, calor o cualquier combinación de estos elementos, independientemente del tipo de combustible, con una capacidad térmica nominal total de entre 3 MWt y 50 MWt, mientras que las **Guías generales sobre MASS para las plantas de energía térmica** contienen disposiciones sobre las emisiones generadas por una fuente de energía más grande. En las **Guías generales sobre MASS** se proporciona orientación sobre cuestiones ambientales teniendo en cuenta la carga total de emisiones.

CUADRO 1: VALORES INDICATIVOS DE EFLUENTES PARA EL PROCESAMIENTO DE ACEITE VEGETAL			CUADRO 2: VALORES INDICATIVOS DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS PARA EL PROCESAMIENTO DE ACEITE VEGETAL		
CONTAMINANTES	UNIDADES	VALOR INDICATIVO	CONTAMINANTES	UNIDADES	VALOR INDICATIVO
pH	pH	6-9	Polvo ^a	mg/Nm ³	10 (polvo seco) 40 (polvo húmedo)
DBO ⁵	mg/l	50	Hexano ^b	mg/Nm ³	100
DQO	mg/l	250	COV ^c	Kilogramo de disolvente perdido/ tonelada de materia prima	Grasa animal: 1,5 Ricino: 3 Colza: 1 Girasol: 1 Soja (trituración normal): 0,8 Soja (copos blancos): 1,2 Otras semillas y otras materias vegetales: 1,5 (fraccionamiento sin descrudado) 4 (descrudado)
Nitrógeno total	mg/l	10			
Fósforo total	mg/l	2			
Aceite y grasa	mg/l	10			
Total de sólidos en suspensión	mg/l	50			
Aumento de temperatura	°C	< 3 ^b			
Bacterias coliformes totales	NMP ^a / 100 ml	400			
Ingredientes activos/ antibióticos	Por determinar en cada caso				
Notas: ^a NMP = Número más probable. ^b Al borde de una zona de mezcla científicamente establecida que toma en cuenta la calidad del agua ambiente, el uso del agua receptora, los receptores potenciales y la capacidad de asimilación.			Notas: ^a Se puede lograr niveles de polvo en los 10 mg/Nm ³ para polvo seco mediante la aplicación de colectores centrífugos y bolsas filtrantes en ciertos dispositivos de ventilación, por ejemplo, en secadores, refrigeradores y trituradoras de harina. Se puede lograr niveles de polvo de 40 mg/Nm ³ para polvo húmedo mediante la aplicación de colectores centrífugos o multiciclones. ^b Se aplica a la planta de disolvente y puede lograrse mediante la aplicación de ciclones. ^c Se refiere a la pérdida total de disolvente, Directiva Europea sobre Disolventes de 1999 (Directiva del Consejo 1999/13/EC del 11 de marzo de 1999 relativa a la limitación de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles debidas al uso de disolventes orgánicos en determinadas actividades e instalaciones).		

2.1.2 Uso de recursos y desechos

39. El cuadro 3 aporta datos sobre el uso de recursos y la generación de residuos en la industria del procesamiento de aceite vegetal que pueden considerarse indicadores de la eficiencia en este sector y pueden emplearse para hacer un seguimiento de los cambios del desempeño en el tiempo. Los valores de referencia de la industria se proporcionan solo con fines comparativos; cada proyecto debe tener como meta la mejora continua en estas áreas. Cabe resaltar que el volumen de aguas residuales generado depende mucho de las materias primas procesadas y de su calidad, así como de la tecnología aplicada en el proceso.

2.2 Higiene y seguridad ocupacional

2.2.1 Guías sobre higiene y seguridad ocupacional

40. Para evaluar el rendimiento en materia de higiene y seguridad en el trabajo deben utilizarse las guías sobre exposición que se publican en el ámbito internacional, entre ellas: las guías sobre la concentración máxima admisible de exposición profesional (TLV®) y los índices biológicos de exposición (BEIs®), publicados por la American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)¹²; la *Guía de bolsillo sobre riesgos químicos*, publicada por el Instituto Nacional de Higiene y Seguridad del Trabajo de los Estados Unidos (NIOSH)¹³; los límites permisibles de exposición publicados por la Administración de Seguridad e Higiene en el Trabajo de los Estados Unidos (OSHA)¹⁴; los valores límite indicativos de exposición profesional publicados por los Estados miembros de la Unión Europea¹⁵, u otras fuentes similares.

2.2.2 Tasa de accidentes y letalidad

41. Deben adoptarse medidas para reducir a cero el número de accidentes entre los trabajadores del proyecto (sean empleados directos o personal subcontratado), especialmente los accidentes que pueden causar una pérdida de horas de trabajo, diversos niveles de discapacidad o incluso la muerte. Como punto de referencia para evaluar las tasas del proyecto puede utilizarse el desempeño de instalaciones en este sector en países desarrollados, que se obtiene consultando las fuentes publicadas (por ejemplo, a través de la Oficina de Estadísticas Laborales de los Estados Unidos y el Comité Ejecutivo de Salud y Seguridad del Reino Unido)¹⁶.

2.2.3 Seguimiento de la higiene y la seguridad ocupacional

42. Es preciso realizar un seguimiento del entorno laboral y de la salud de los trabajadores para detectar los riesgos y las enfermedades ocupacionales específicos del proyecto. Las actividades de seguimiento, así como las medidas de prevención o protección aplicables, deben ser diseñadas y

¹² Disponible en <http://www.acgih.org/TLV/> y <http://www.acgih.org/store/>.

¹³ Disponible en <http://www.cdc.gov/niosh/npg/>.

¹⁴ Disponible en http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9992.

¹⁵ Disponible en <https://osha.europa.eu/es/themes/dangerous-substances>.

¹⁶ Disponible en <http://www.bls.gov/iif/> y <http://www.hse.gov.uk/statistics/index.htm>.



realizadas por profesionales acreditados¹⁷, como parte de un programa de seguimiento de la salud y la seguridad en el trabajo y de prevención. En las instalaciones, además, debe llevarse un registro de los accidentes y enfermedades laborales, así como de los sucesos y accidentes peligrosos. Las **Guías generales sobre MASS** contienen orientaciones adicionales sobre los programas de seguimiento de la salud y la seguridad en el trabajo.

CUADRO 3: CONSUMO DE RECURSOS Y ENERGÍA			
INSUMOS POR UNIDAD DE PRODUCTO	UNIDADES	VALOR INDICATIVO	
Consumo de agua^a			
Producción de aceite crudo, aguas residuales	m ³ /t de materia prima	0,2-0,5	
Producción de aceite crudo, agua de refrigeración	m ³ /t de materia prima	2-14	
Neutralización química	m ³ /t de producto	1-1,5	
Desodorización	m ³ /t de producto	10-30	
Endurecimiento	m ³ /t de producto	2,2-7	
Consumo de productos químicos^a			
Hidróxido de sodio	kg/t de aceite crudo	1-6*	
Ácido fosfórico	kg/t de aceite crudo	0,1-2,0	
Ácido cítrico	kg/t de aceite crudo	0,1-1,0	
Ácido sulfúrico	kg/t de jabón	100-250	
CONSUMO DE ENERGÍA	VAPOR ^b (MJ/T DE PRODUCTO FINAL)	ELECTRICIDAD (MJ/T DE PRODUCTO FINAL)	ENERGÍA TOTAL (MJ/T DE PRODUCTO FINAL)
Neutralización	112-280	22-44	145-330
Purificación de glicerina primaria ^c	560-2800 ^c	11-36 ^c	620-2850 ^c
Desodorización ^d			
Lote	420.1120 ^e	60-150	510-1350
Semicontinua			
Continua			
Fuente: Comisión Europea (CE), 2006.			
^a La franja depende del contenido de ácidos grasos libres.			
^b Calculado con la fórmula 2,8 x Kg de vapor/t = MJ/t (CE, 2006).			
^c MJ/t de jabón.			
^d Con la desodorización en lote o semicontinua se pueden lograr las menores cifras de consumo de vapor dentro de las franjas mencionadas, y en el extremo inferior de la franja en el caso del consumo total de energía.			
^e Se puede obtener cifras sustancialmente más bajas de consumo de vapor con el uso de tecnología de condensación en seco, con la que se pueden lograr niveles tan bajos como 70 MJ de vapor/t de producto final por unidades de condensación en seco en desodorización continua y semicontinua (Hamm <i>et al.</i> , 2013).			

¹⁷ Los profesionales acreditados pueden incluir higienistas industriales certificados, higienistas ocupacionales diplomados o profesionales de la seguridad certificados o su equivalente.

3. REFERENCIAS

- AEA Energy & Environment (2008), *Guidance on VOC Substitution and Reduction for Activities Covered by the VOC Solvents Emissions Directive (Directive 1999/13/EC). Guidance 19: Vegetable Oil and Animal Fat Extraction and Vegetable Oil Refining Activities*.
http://www.fediol.eu/data/VOC_Guidance.pdf
- Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) (1995), "9.11.1 Vegetable Oil Processing". En AP 42 Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume 1: Stationary Point and Area Sources. Ciudad de Washington: EPA.
<http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch09/final/c9s11-1.pdf>
- Agencia de Protección Ambiental (EPA) de India (1996), "Liquid Effluent Standards — Category: 67. Edible Oil and Vanaspati Industry", Notificación de la EPA GSR 176(E), 2 de abril de 1996, Central Junta Central de Control de la Contaminación, Ministerio de Medio Ambiente y Bosques,
http://www.cpcb.nic.in/Industry_Specific_Standards.php
- Agencia de Protección Ambiental (EPA) de Irlanda (1996), "BATNEEC Guidance Note, Class 7.1, Manufacture of Vegetable and Animal Oils and Fats (Draft 3)", Irlanda: EPA.
<http://www.epa.ie/pubs/advice/bat/Animal%20&%20veg%20oils%20and%20fats.pdf>
- American Oil Chemists' Society, "An Important Source for Industrialists on Oil Processing Technologies".
<http://www.aocs.org>
- Banco Europeo de Reconstrucción y Desarrollo (BERD) (2009), "Sub-sectoral Environmental and Social Guidelines: Vegetable Oil Processing". BERD, Londres.
http://www.ebrd.com/downloads/about/sustainability/veg_oil.pdf
- Comisión Europea (CE) (2006), "Prevención y Control Integrados de la Contaminación. Documento de Referencia provisional sobre las Mejores Técnicas Disponibles en las Industrias de la Alimentación, las Bebidas y la Leche", agosto de 2006, CE.
http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/fdm_bref_0806.pdf
- (1998), *Vegetable Oil Production: Industry Profile*, ciudad de Washington: EPA, División de Calidad del Aire y Estrategias.
http://www.epa.gov/ttn/ecas/regdata/IPs/Vegetable%20Oil_IP.pdf
- (2001), "National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants: Solvent Extraction for Vegetable Oil Production", Registro Federal, 12 de abril de 2001, ciudad de Washington: EPA.
<http://www.epa.gov/ttnatw01/vegoil/vegoilpg.html>
- (2004), "Rule and Implementation Information for Vegetable Oil Production; Solvent Extraction". EPA, ciudad de Washington.
<http://www.epa.gov/ttn/atw/vegoil/vegoilpg.html>

FEDIOL (EU Vegetable Oil and Proteinmeal Industry) (2006), “FEDIOL Guide to Good Practice on Safe Operation of Hexane Extraction Units to Limit the Likelihood of Explosions Caused by Flammable Vapors”, Ref. 06SAF293.

<http://www.fediol.eu/web/codes%20of%20practice/1011306087/list1187970091/f1.html>

—— (2009), “FEDIOL Code of Practice For the Control of Salmonella in Oilseed Crushing Plants”.

<http://www.fediol.eu/web/codes%20of%20practice/1011306087/list1187970091/f1.html>

—— (2011), “FEDIOL Code of Practice on the Purchase Conditions of Fresh Bleaching Earth for Oil Refining”.

<http://www.fediol.eu/web/codes%20of%20practice/1011306087/list1187970091/f1.html>

—— (2012), “FEDIOL Code of Practice on the Safety of Vegetable Fat and Oil Products in Feed with Regard to Dioxin and Dioxin-like PCBs”.

<http://www.fediol.eu/web/codes%20of%20practice/1011306087/list1187970091/f1.html>

Francia: Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire (MEDDAT) (2004), “Arrêté du 29/03/04 relatif à la prévention des risques présentés par les silos de céréales, de grains, de produits alimentaires ou de tout autre produit organique dégageant des poussières inflammables”.

http://www.ineris.fr/aida/consultation_document/5163

Francia: Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire (MEDDAT) (2008), “Guide de l'état de l'art sur les silos”.

http://www.ineris.fr/aida/liste_documents/1/30266/0

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) (2006), “Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero”, confeccionado por el Programa de inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.

Hamm, W., R. J. Hamilton y G. Calliauw (comps.) (2013), *Edible Oil Processing*, segunda edición, Wiley-Blackwell.

Health and Safety Executive (HSE) (2012), “Health and Safety Executive Statistics (general)”, HSE, Merseyside, Reino Unido.

<http://www.hse.gov.uk/statistics/publications/general.htm>

H. S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara y K. Tanabe (compiladores). Publicado por IGES, Japón.

<http://www.ipcc-ngqip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/vol1.html>

Kheang, L. S., C. Y. May y M. A. Ngan (2007), “Residual Oil From Spent Bleaching Earth (SBE) for Biodiesel and BioLubricant Applications”, Serie de informes de la Junta de Aceite de Palma de Malasia, MPOB TT n.º 367, disponible en <http://palmoilis.mpop.gov.my/publications/TOT/TT-367.pdf>.

- Krause, U. (2009), *Fires in Silos: Hazards, Prevention and Fire Fighting*, Wiley-VCH.
México (1997), Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996, “Que Establece los Límites Máximos Permisibles de Contaminantes en las Descargas Residuales en Aguas y Bienes Nacionales”, Publicada en Diario Oficial de la Federación de fecha del 6 de enero de 1997.
http://www.hgm.salud.gob.mx/descargas/pdf/noticias/programa_mercurio/marco/norma_001.pdf%20
- Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (MOSTE) de Tailandia (1996), “Industrial Effluent Standards”, notificación n.º 3, B.E.2539 (1996), MOSTE.
http://www.pcd.go.th/info_serv/en_reg_std_water04.html#s1
- Oficina de Asistencia Ambiental de Minnesota (MOEA), *Vegetable Oil Processing Including SICs: Soybean Oil Mills, 2075 Vegetable Oil Mills, Except Corn, Cottonseed, and Soybean 2076. Shortening, Table Oils, Margarine, And Other Edible Fats And Oils, 2079. En Pollution Prevention Technologies: A Review of Pollution Prevention Technologies to Reduce TRI Generation and Emissions in the State of Minnesota*, Kerr, Greiner, Anderson & April, Inc., 15-17, MOEA, St. Paul.
<http://infohouse.p2ric.org/ref/22/21616.pdf>
- Oficina de Estadísticas Laborales de los Estados Unidos (BLS) (2012a), “Census of Fatal Occupational Injuries. Census of Fatal Occupational Injuries Charts, 1992–2011”, datos revisados, BLS, ciudad de Washington. <http://www.bls.gov/iif/oshwc/cfoi/cfch0010.pdf>
- (2012b), “Survey of Occupational Injuries and Illnesses. Table SNR05. Incidence Rate and Number of Nonfatal Occupational Injuries by Industry and Ownership, 2011”, BLS, ciudad de Washington. <http://www.bls.gov/iif/oshwc/osh/os/ostb2805.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y Organización Mundial de la Salud (FAO y OMS), Comisión del Codex Alimentarius (2010), *Codex Alimentarius*, Ginebra: FAO.
<http://www.codexalimentarius.net>
- Organización Internacional del Trabajo (OIT) (2001), Convenio 184: “Convenio sobre la seguridad y la salud en la agricultura”.
http://www.ilo.org/dyn/normlex/es/f?p=NORMLEXPUB:12100:0::NO::P12100_ILO_CODE:C184
- Organización Internacional de Normalización (ISO) (2005), ISO 20000: 2005, “Food Safety Management Systems. Requirements for Any Organization in the Food Chain”, ISO.
http://www.iso.org/iso/catalogue_detail?csnumber=35466
- Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea (1994), “Directiva 94/9/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de marzo de 1994, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre los aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas”, Unión Europea (UE), Bruselas.
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31994L0009:ES:HTML>
- (1999), “Directiva 1999/13/CE del Consejo de 11 de marzo de 1999 relativa a la limitación de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles debidas al uso de disolventes orgánicos en determinadas actividades e instalaciones”, UE, Bruselas.
<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:31999L0013&from=EN>



GRUPO BANCO MUNDIAL

EL BANCO MUNDIAL IFC Corporación Financiera Internacional MIGA Corporación Multilateral de Seguro de Inversión

GUÍAS SOBRE MEDIO AMBIENTE, SALUD Y SEGURIDAD PARA LA PRODUCCIÓN Y EL PROCESAMIENTO DE ACEITE VEGETAL

12 de febrero de 2015

—— (2010), “Directiva 2010/75/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 24 de noviembre de 2010, sobre las emisiones industriales (prevención y control integrados de la contaminación)”, UE, Bruselas.

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:334:0017:0119:es:PDF>

Persson, H. (2013), *Silo Fires. Fire Extinguishing and Preventative and Preparatory Measures*, Agencia Sueca de Contingencias Civiles.

www.msb.se/RibData/Filer/pdf/27144.pdf

Shahidi, F. y A. W. Bailey (2005), *Bailey's Industrial Oil and Fat Products: Edible Oil and Fat Products*, sexta edición, volúmenes 4 y 5, Nueva York: Wiley Interscience.

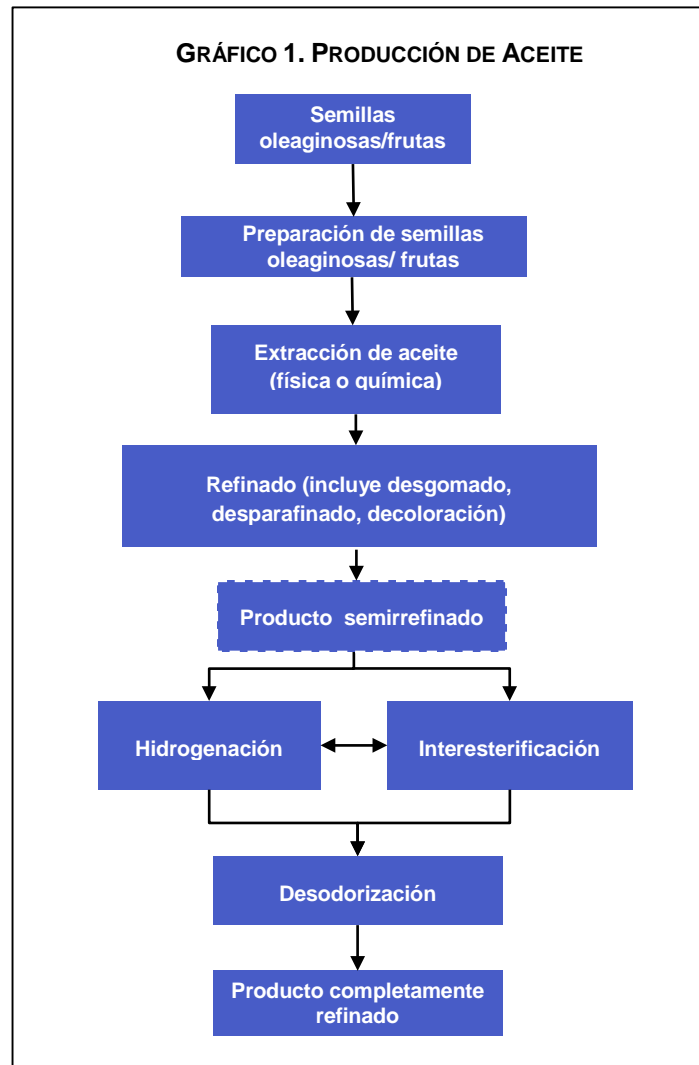
Water Environment Federation (2005), “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”, vigésimo primera edición, American Public Health Association, American Water Works Association y Water Environment Federation.

www.standardmethods.org

ANEXO A. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS ACTIVIDADES DE LA INDUSTRIA

43. La industria de procesamiento de aceite vegetal extrae y procesa los aceites y las grasas de origen vegetal. Los aceites y las grasas vegetales se fabrican principalmente para el consumo humano, aunque también se emplean para la alimentación animal, fines médicos y para ciertas aplicaciones técnicas. En los países en desarrollo, la producción de aceite crudo de palma (ACP) se lleva normalmente a cabo en plantas extractoras de ACP asociadas con las plantaciones. El ACP se transporta luego hasta las refinерías de todo el mundo. No obstante, un porcentaje considerable del ACP se procesa a nivel local y se exporta como aceite refinado, decolorado y desodorizado.

44. El gráfico 1 contiene un diagrama de flujos simplificado que representa la producción del aceite vegetal. Las principales fases del proceso de elaboración del aceite vegetal son la extracción, el refinado, otras modificaciones y la desodorización.



A.1 Extracción

45. El aceite se extrae de granos, semillas, frutos secos y frutas. Las materias primas se reciben y pesan en las instalaciones, se limpian para eliminar tallos, piedras y otros materiales, y se pesan y almacenan antes de su procesamiento inicial. El tipo de almacenamiento depende de la materia prima (por ejemplo, la soja se almacena en elevadores de grano). El factor crítico para determinar la vida en almacenamiento de los granos y semillas es su contenido de humedad; cuanto mayor sea la humedad y más cálido el clima, más corto será el período de conservación segura. Las materias primas se preparan con una amplia gama de procesos, incluyendo su descascarillado o descascarado, descamación, limpieza, secado, trituración, acondicionamiento y prensado. Las cuestiones ambientales, de salud y de seguridad relacionados con la fase de preparación de las materias primas incluyen las emisiones de partículas (por ejemplo, derivadas de la limpieza y el secado) y los residuos sólidos (por ejemplo, los racimos de fruta vacíos (EFB)) generados por las operaciones de trillado, junto con palos, tallos, vainas, arena y suciedad.

46. La extracción del aceite puede realizarse mecánicamente (por ejemplo, cociendo las frutas y prensando las semillas y frutos secos) o en combinación con un proceso de extracción química mediante disolventes (generalmente, hexano). La mayoría de las instalaciones comerciales de gran escala emplean la extracción química (con hexano), debido a la mayor eficiencia del proceso en la elaboración de harina y aceite. Durante la extracción con disolventes, el hexano se utiliza para lavar las materias primas procesadas, normalmente en un extractor a contracorriente. A la extracción suele seguir el espumado (aceites cocidos) o la filtración (grasas prensadas) y la separación del aceite crudo y la mezcla de disolvente-aceite (micela). El hexano se separa del aceite mediante la destilación y de los copos mediante el vapor de agua en un desolventizador, recuperándose para su reutilización una vez condensado y separado del agua. Los procesos de recuperación para los copos destinados para consumo animal suelen recurrir a la destilación convencional para eliminar el hexano en un desolventizador-tostador. Los copos desolventizados se muelen a continuación para emplearse como harina (por ejemplo, harina de soja). El proceso empleado para los copos destinados al consumo humano se basa fundamentalmente en la destilación específica o instantánea, donde el hexano sobrecalentado se destila al vacío, seguida de la separación con vapor. La destilación instantánea elimina más hexano residual de los copos, pero también emplea más energía y genera más emisiones que el proceso convencional¹⁸.

Ejemplos

Extracción de aceite de palma¹⁹

47. La palma se procesa para producir aceite crudo de palma y aceite crudo de palmiste. La fruta crece en racimos a lo largo de un tallo central con ramas más bien parecido a las uvas y consiste en una pulpa oleosa rodeada de una piel dura que contiene semillas (o pepitas) en la pulpa. El aceite de palma se extrae de la pulpa y el aceite de palmiste se extrae de la semilla. Durante la cosecha, los racimos se cargan en camiones o vagonetas y se transportan hasta las instalaciones de extracción. Los vehículos esterilizadores ruedan hasta las cámaras esterilizadores cilíndricas, y el vapor se rocía en la cámara. El

¹⁸ MOEA.

¹⁹ Shahidi y Bailey, 2005.

calor sirve para esterilizar la fruta e impedir la actividad bacteriana o enzimática que pueda perjudicar al aceite. El tiempo transcurrido en la cámara de esterilización dependerá del tamaño y grado de madurez de la fruta.

48. Una vez finalizada la esterilización, las frutas se separan de los tallos con los equipos de trillado y luego se lavan antes de transportarse a una extrusora de doble husillo que exprime el aceite de palma. El aceite de palma extraído se clarifica en un decantador continuo o tanque de sedimentación para eliminar el agua y la materia sólida. La torta procedente de la prensa de husillo consiste en sólidos húmedos de pulpa, pepitas (o semillas) y piel externa de la fruta. El palmiste se separa de la fibra y los detritos celulares y se acondiciona disminuyendo su nivel de humedad de modo que la carne se desprenda de la cáscara. A continuación, las pepitas se trituran y la carne se separa de las cáscaras mezclándolas en un gel acuoso de arcilla o sal de tal forma que las pepitas floten y las cáscaras se hundan; o bien se mezclan con agua y se pasa la mezcla por un colector centrífugo líquido (las cáscaras, más pesadas, se hunden, y la carne, más ligera, flota hasta la superficie). Las carnes se secan luego y se envían para su almacenamiento antes del prensado en prensas de husillo, empleado para producir el aceite de palmiste.

Extracción de aceite de oliva²⁰

49. Se muelen las aceitunas para formar una pasta que se macera y a la que se añade posiblemente sal. Se prensa la pulpa y el aceite resultante se clarifica mediante sedimentación o centrifugación. Progresivamente, se están sustituyendo las jaulas de prensa tradicionales por prensas de tornillo continuo. La pulpa macerada también se puede separar en un decantador horizontal, en cuyo caso se vuelve a centrifugar el aceite crudo después de la adición de agua de lavado. Como alternativa, se pueden emplear máquinas para separar las pepitas de la pulpa, y el residuo se separa mediante centrifugadoras de descarga automática. Después de la prensa en frío, que produce calidades de aceite virgen, se aplica generalmente una prensa caliente a aproximadamente 40 °C.

50. Una centrifugación en dos fases genera residuos pastosos, mientras que los sistemas tradicionales y de tres fases producen una fase líquida, es decir, aguas residuales de almazara o los alpechines y una torta de prensa denominada orujo. Este último producto se puede seguir procesando como cascarilla o aceite de orujo. El resto de la cascarilla sólida se seca hasta el 3 % al 6 % de humedad y se utiliza como combustible. El aceite de orujo de oliva se obtiene mediante el prensado y la extracción por solventes de pepitas limpias. En algunos países, el aceite de oliva prensado en caliente con un elevado grado de acidez se refina mediante neutralización, decoloración y desodorización, y se le agrega sabor mezclándolo con aceite prensado en frío. La torta de prensa tiene un contenido del 8 % al 15 % de aceite relativamente oscuro, que se puede extraer con hexano y se utiliza para fines técnicos. Una vez refinado, también es apto para el consumo alimenticio.

A.2 Refinado

51. El aceite crudo se refina para eliminar las impurezas no deseadas, tales como gomas, ácidos grasos libres (AGL), restos de metales, componentes colorantes y componentes volátiles. Durante la fase de refinado, los AGL se reducen a niveles inferiores al 0,1 % en el aceite refinado mediante el

²⁰ CE, 2006.

refinado químico o físico. El refinado físico del aceite crudo tiene generalmente un menor impacto ambiental que el refinado químico. Por su parte, el refinado químico genera un producto de mayor calidad con niveles inferiores de AGL, vida en almacenamiento más prolongada y una mayor fiabilidad del proceso²¹.

52. El aceite crudo contiene ácidos grasos libres y gomas que deben eliminarse antes de poder utilizar los aceites en alimentos. Antes de proceder al refinado, se puede realizar un desgomado del aceite crudo. El desgomado es un paso esencial en el proceso de refinado físico, porque el contenido en fosfátido del aceite que pasa a la fase de desodorización final debe ser inferior. El desgomado también se usa en combinación con el refinado químico. Los métodos de desgomado pueden ser acídicos o enzimáticos. Durante el desgomado acídico, se añade ácido fosfórico para eliminar los fosfátidos, fosfolípidos y lecitinas. El aceite desgomado tiene un contenido en fósforo por debajo de las 30 partes por millón (ppm). Puede emplearse ácido cítrico en lugar de ácido fosfórico, lo que entraña una serie de ventajas, incluyendo una menor carga de fósforo en las aguas residuales y una leve reducción en la cantidad de lodos generados. El desgomado enzimático emplea la hidrólisis enzimática de los fosfátidos. Las ventajas ambientales de este método son el consumo reducido de ácido fosfórico y sulfúrico, soda cáustica, agua y energía.

Refinado químico

53. Las técnicas convencionales de refinado químico implican la fase de desgomado (para eliminar los fosfolípidos), la neutralización (para eliminar los AGL) y el blanqueo (para la decoloración y desodorización). Los fosfolípidos hidratables se pueden eliminar mediante el desgomado del agua. Después se centrifuga la mezcla para la separación. Se eliminan los fosfolípidos no hidratables durante el denominado desgomado ácido, antes de agregar agua y proceder a la separación en una centrifugadora. Esta es normalmente la primera etapa del refinado físico y puede considerarse equivalente al proceso de neutralización de álcali en el refinado químico. En el desgomado enzimático se utilizan enzimas para degradar los fosfolípidos. El primer paso es el acondicionamiento ácido/ajuste del pH del crudo o el aceite desgomado con agua antes de agregar la enzima. Se prefiere generalmente un tiempo corto de reacción y una dosis mayor que más tiempo de reacción y menores dosis de enzimas.

54. Durante el desgomado, se agrega al aceite soda cáustica, calentada a una temperatura de entre 75 °C y 110 °C para saponificar los AGL. Este proceso da lugar a dos productos principales, a saber, aceite semirrefinado y jabón. El jabón se elimina mediante precipitación, seguida de un proceso de sedimentación o centrifugación, y se puede seguir transformando en aceites ácidos mediante la purificación de la glicerina primaria. El jabón se calienta a una temperatura de entre 70 °C y 100 °C para que reaccione con el ácido sulfúrico y vuelvan a formarse ácidos grasos. Los subproductos resultantes se pueden vender a los sectores de las pinturas y los cosméticos, así como a la industria de piensos animales. El aceite neutralizado se decolora para extraer la materia colorante y otros componentes menores antes de la desodorización. Las tierras decolorantes usadas son los principales desechos sólidos derivados de esta fase.

²¹ *Ibíd.*

Refinado físico

55. El refinado físico es un proceso más sencillo en el que el aceite crudo se descruza y decolora, y luego se separa mediante vaporización para eliminar los AGL, olores y COV en un solo paso. Se puede emplear un pretratamiento físico para obtener un reducido contenido en fosfolípido mediante el desgomado y las tierras decolorantes. A continuación, los AGL pueden separarse del aceite pretratado físicamente empleando vapor en un vacío a temperaturas de aproximadamente 250 °C y refinarse circulando el aceite por una serie de bandejas a contracorriente del flujo de vapor de separación. Las fases previas de neutralización no son necesarias al combinarse la neutralización y la desodorización. Posteriormente, se utiliza un depurador para condensar el grueso de la grasa presente en los vapores como producto libre de agua²².

A.3 Otras modificaciones

Hidrogenación

56. La mayoría de las instalaciones llevan a cabo la hidrogenación para producir grasas con mayor capacidad de retención y puntos de fusión más elevados. Antes de introducirlo en el reactor y mezclarlo con hidrógeno, el aceite fresco se desgasifica y seca en una cisterna tampón que se mantiene a una presión reducida. La hidrogenación suele realizarse dispersando el gas de hidrógeno en el aire en presencia de un catalizador finamente dividido (normalmente de níquel) y con un soporte de tierras de diatomeas. Se está explorando el uso de otros catalizadores (paladio, rodio, platino) en vista de sus posibilidades de reducir la formación de ácidos grasos trans durante la hidrogenación. Las grasas hidrogenadas resultantes se filtran para eliminar el catalizador de hidrogenación, se someten a tierras decolorantes ligeras y se desodorizan antes de considerarse aptas para consumo. Después del endurecimiento, el aceite se mezcla con una solución acuosa para producir una emulsión. La mezcla emulsionada luego se pasteuriza, se enfría y se cristaliza para obtener el producto final²³.

Interesterificación

57. La interesterificación conlleva la separación de triglicéridos en ácidos grasos y glicerina, seguida de su recombinación. La reacción se lleva a cabo empleando ácido fosfórico o cítrico con un catalizador que suele ser de metanolato de sodio. Mediante la interesterificación, que puede realizarse después de la neutralización o desodorización, se modifican las propiedades funcionales del aceite tratado.

A.4 Desodorización

58. Durante la desodorización, las tierras decolorantes se destilan con vapor a bajas presiones para eliminar las impurezas volátiles, incluidos olores, sabores no deseados y pigmentos. Los componentes volátiles se eliminan de la materia prima empleando vapor en un proceso que puede durar entre 15 minutos y 5 horas. Los vapores procedentes del desodorizante contienen aire, vapor de agua, ácidos grasos y otras variables. Antes de acceder al depósito, los vapores pasan por un lavador, pulverizándose un líquido de lavado en la corriente de vapor. Los ácidos grasos y los volátiles se condensan

²² *Ibíd.*

²³ *Ibíd.*

parcialmente sobre las gotitas de fregar o, alternativamente, en el material de embalaje. Con este proceso se obtienen aceites y grasas plenamente refinados y comestibles²⁴.

A.5 Consumo de recursos

59. Las instalaciones de procesamiento de aceite vegetal utilizan energía para calentar el agua y producir vapor para las aplicaciones de proceso (especialmente las de purificación de glicerina primaria y desodorización) y procesos de limpieza. El consumo de energía dependerá del tipo de aceite producido (por ejemplo, la energía necesaria para prensar en frío el aceite de oliva es el doble que la empleada en el prensado en caliente de semillas oleaginosas) y la tecnología del proceso. Los recientes avances en el proceso de desodorización mediante el empleo de unidades de condensación en seco (amoníaco) han reducido notablemente el consumo de energía.

60. El agua se utiliza principalmente para la neutralización y desodorización, y ambos procesos generan aguas residuales con alta carga orgánica. Las sustancias químicas empleadas más frecuentemente son álcalis tales como la soda cáustica y el carbonato sódico; ácidos como el ácido fosfórico, cítrico y sulfúrico; catalizadores Ni, y metilatos. En ocasiones se recurre a disolventes como la acetona, el etanol y el metanol en lugar del hexano o como complemento de éste en el proceso de extracción. Una concentración relativamente baja de hexano puede provocar problemas de salud, mientras que otras sustancias químicas peligrosas, incluidos los ácidos fuertes y bases, plantean riesgos notables para la salud y la seguridad.

61. Durante la producción primaria de aceite vegetal, a menudo se lleva a cabo el procesamiento adicional de residuos para fabricar ciertos subproductos, como aceites destinados al consumo animal y productos farmacéuticos. Este procesamiento puede reducir la generación de residuos sólidos, incluidas fracciones tales como las tierras decolorantes usadas, que pueden reutilizarse para producir energía mediante la incineración directa o la producción de biogás, ya sea en el emplazamiento o fuera de él. El ácido cítrico y el ácido fosfórico se emplean en las operaciones de desgomado.

²⁴ *Ibíd.*