

Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para la fabricación de azúcar

Introducción

Las Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad 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 del Banco Mundial participan en un proyecto, estas Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad se aplican conforme a los requisitos de sus respectivas políticas y normas. Las presentes Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para este sector de la industria deben usarse junto con el documento que contiene las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad**, 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. En el caso de proyectos complejos, es probable que deban usarse las guías aplicables a varios sectores industriales, cuya lista completa se publica en el siguiente sitio web:

<http://www.ifc.org/ifcext/sustainability.nsf/Content/EnvironmentalGuidelines>

Las Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad 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.

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, tales 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.

En los casos en que el país receptor tiene reglamentaciones diferentes a los niveles e indicadores presentados en las guías, los proyectos deben alcanzar los que sean más rigurosos. Si corresponde utilizar niveles o indicadores menos rigurosos en vista de las circunstancias específicas del proyecto, debe incluirse como parte de la evaluación ambiental del emplazamiento en cuestión una justificación completa y detallada de cualquier alternativa propuesta, en la que se ha de demostrar que el nivel de desempeño alternativo protege la salud humana y el medio ambiente.

Aplicabilidad

Las Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para la fabricación de azúcar incluyen información relativa a las instalaciones para la fabricación de azúcar. El Anexo A contiene una descripción completa de las actividades del sector industrial. Este documento no incluye las actividades agrícolas y

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 grados de degradación ambiental y de capacidad de asimilación del medio ambiente así como diversos niveles de factibilidad financiera y técnica.

de campo, que se incluyen en las Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para la producción de cultivos en plantaciones.

Este documento está dividido en las siguientes secciones:

- Sección 1.0: Manejo e impactos específicos de la industria
- Sección 2.0: Indicadores y seguimiento del desempeño
- Sección 3.0: Referencias
- Anexo A: Descripción general de las actividades de la industria

1.0 Manejo e impactos específicos de la industria

La siguiente sección contiene una síntesis de las cuestiones relativas al medio ambiente, la salud y la seguridad asociadas a la fabricación de azúcar que tienen lugar durante la fase operacional, así como recomendaciones para su manejo. Por otra parte, en las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad** se ofrecen recomendaciones para el manejo de las cuestiones de este tipo que son comunes a la mayoría de las grandes actividades industriales durante las etapas de construcción y de desmantelamiento.

1.1 Medio ambiente

Entre las cuestiones ambientales relativas a los proyectos de fabricación de azúcar se incluyen principalmente las siguientes:

- Derivados y residuos sólidos
- Aguas residuales
- Emisiones al aire

Derivados y residuos sólidos

Las actividades de la industria del azúcar generan grandes cantidades de derivados y residuos sólidos orgánicos (por ejemplo, hojas de caña de azúcar o remolacha, melaza de la cristalización final, barro o cachaza, fibra de bagazo de la caña, lodo y tierra que llegan a la fábrica con las materias primas, y residuos sólidos de cal procedentes de la clarificación de jugos). Generados principalmente a partir del tratamiento primario de materias primas, estos materiales residuales también pueden representar un riesgo derivado de los residuos de plaguicidas. La cantidad de residuos generados depende de la calidad de las materias primas y de la limpieza inicial realizada en el campo.

La generación de residuos de mayor calidad puede ofrecer oportunidades para reprocesar unas materias primas que de otro modo serían descartadas, y su transformación en productos derivados comercialmente viables (por ejemplo; fabricación de papel y de tableros de aglomerado). Otros residuos sólidos derivados del proceso de fabricación de azúcar incluyen material filtrante usado (por ejemplo, carbón activo, resinas procedentes del proceso de intercambio iónico, ácidos procedentes de la limpieza química de la maquinaria, vinazas de la destilación de melaza-jugo de azúcar fermentados y cenizas de la caldera generadora de vapor).

Las técnicas recomendadas para la prevención y control de residuos sólidos de la caña de azúcar o remolacha incluyen las siguientes:

- Evitar la quema de hojas de caña en el campo antes de la recolecta. Los restos de la caña de azúcar deberán esparcirse en el campo para su biodegradación;
- Usar el bagazo (fibra residual) de la caña como combustible para generación de energía y vapor. Dependiendo de la capacidad de fabricación y de los volúmenes de insumos de materias primas, utilizar el bagazo como combustible puede satisfacer la demanda de energía de la planta y generar energía eléctrica excedente para la venta;
- Aprovechar la melaza como materia prima para:
 - fabricación de productos químicos orgánicos y fermentación
 - producción de ácido cítrico y levadura
 - industrias de destilación
 - fabricación de productos químicos orgánicos (por ejemplo, etanol)
- Usar las hojas y raíces de la remolacha (que entran en la instalación como parte de la materia prima y se acumulan

- durante el proceso de lavado) como pienso de alto contenido calórico (por ejemplo, para rumiantes);
- Recoger los productos residuales (por ejemplo, los cuellos de remolacha procedentes del proceso de lavado) para el uso en productos derivados o como pienso animal;
- Convertir la pulpa de remolacha en pienso (por ejemplo, para ganado). Durante la época del proceso de transformación, se puede enviar como cargas de vuelta en camiones de remolacha vacíos;
- Separar las piedras de la remolacha durante el proceso de lavado y reutilizarlas en otras aplicaciones industriales (por ejemplo, construcción de carreteras e industrias de construcción);
- Retirar la tierra de la remolacha mientras está en el campo y antes de transportarla para reducir el riesgo de propagación de residuos de plaguicidas;
- Utilizar la materia orgánica de las aguas residuales y las vinazas de la destilación para producir biogás;
- Utilizar el filtro y la cal secos del proceso de clarificación de jugos para fabricar un producto utilizable como acondicionador de terrenos agrícolas;
- Convertir en compost los sólidos orgánicos de la cachaza (lavado de la caña) a fin de producir abono orgánico de alta calidad para la producción agrícola.

Tratamiento y eliminación de lodos

Los métodos recomendados para el tratamiento del lodo procedente del tratamiento de aguas residuales incluyen los siguientes:

- Estabilización aeróbica o digestión anaeróbica. La estabilización aeróbica mejora la aplicabilidad de los lodos a la agricultura;
- Espesamiento por gravedad;

- Deshidratación de lodos en lechos de secado para instalaciones a pequeña escala y deshidratación utilizando prensas de banda y centrifugadoras decantadoras para instalaciones a mediana y gran escala;
- Uso de lodos de jugo de azúcar concentrado antes de la evaporación y cristalización (denominado cachaza) para producir abono orgánico y corrección de suelos para aplicaciones agrícolas.

Aguas residuales

Aguas residuales de procesos industriales

Las aguas residuales procedentes del proceso de fabricación de azúcar tienen un alto contenido de materia orgánica y, por consiguiente, una elevada demanda bioquímica de oxígeno (DBO)², especialmente debido a la presencia de azúcares y materia orgánica que llegan con la remolacha o la caña de azúcar. Las aguas residuales procedentes del lavado de las materias primas entrantes también pueden contener plagas agrícolas, residuos de plaguicidas y patógenos.

Las prácticas recomendadas de manejo de aguas residuales incluyen las siguientes estrategias preventivas:

- Separar las corrientes de agua residual no contaminadas de las corrientes contaminadas;
- Reducir la carga orgánica de aguas residuales impidiendo la entrada de residuos sólidos y líquidos concentrados en la corriente de agua residual:
 - implementar la limpieza previa en seco de la materia prima, máquinas y zonas de fabricación antes de la limpieza en húmedo

² Los niveles típicos de demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) son 1.700-6.600 miligramos por litro (mg/L) en efluente no tratado procedente del proceso de tratamiento de la caña de azúcar y 4.000-7.000 mg/L con respecto al tratamiento de la remolacha, mientras que los niveles de DCO oscilan entre 2.300 y 8.000 mg/L en el tratamiento de la caña de azúcar y alcanzan hasta 10.000 mg/L en el tratamiento de la remolacha.

- dejar que la remolacha se seque en el campo, si es posible, y reducir la ruptura durante la recolección y transporte mediante el uso de esteras de caucho y recipientes forrados. Usar técnicas secas para descargar la remolacha
- instalar y utilizar sumideros y canales colectores con rejillas y filtros para reducir la cantidad de sólidos (por ejemplo, partes de la remolacha) que entran en las aguas residuales
- impedir la escorrentía directa a los cursos de agua, especialmente a partir de los desbordamientos de depósitos

Tratamiento de aguas residuales de procesos industriales

Las técnicas de tratamiento de aguas residuales de procesos industriales en este sector incluyen la filtración preliminar para la separación de sólidos filtrables; la compensación de flujo y carga; la sedimentación para la reducción de sólidos en suspensión utilizando clarificadores; el tratamiento biológico, generalmente tratamiento anaeróbico seguido de tratamiento aeróbico, para la reducción de materia orgánica soluble (DBO); la eliminación de nutrientes biológicos para la reducción de nitrógeno y fósforo; la cloración de efluente cuando se requiere la desinfección; la deshidratación y eliminación de residuos; en algunos casos, puede ser posible el compostaje o la aplicación al terreno de los residuos derivados del tratamiento de aguas residuales de calidad aceptable. Se pueden requerir controles técnicos adicionales para contener y neutralizar los olores molestos.

El manejo de aguas residuales industriales y los ejemplos de métodos de tratamiento se analizan en las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad**. Mediante el uso de estas tecnologías y de las técnicas recomendadas para el manejo de aguas residuales, las instalaciones deberán cumplir

los valores de las guías para el vertido de aguas residuales tal y como se indica en la tabla correspondiente de la Sección 2 de este documento del sector industrial.

Consumo de agua y otras corrientes de aguas residuales

En las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad** se proporciona orientación 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 deberían desviarse hacia el sistema de tratamiento de aguas residuales de procesos industriales.

La fabricación de azúcar requiere cantidades considerables de agua de alta calidad para la limpieza de materias primas, la extracción de azúcar, el lavado de azúcar final y los equipos de refrigeración y limpieza. El vapor es esencial para la evaporación y calentamiento de las diversas fases del proceso de elaboración de azúcar. Las materias primas de la remolacha y la caña de azúcar también contienen altos porcentajes de agua, que se pueden recuperar y reutilizar durante el proceso de tratamiento. En las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad** se aborda la conservación y manejo general del agua. Las medidas adicionales específicas de la industria y aplicables a la fabricación de azúcar incluyen:

- Reciclar el agua de proceso y destinarla al lavado de las materias primas entrantes;
- Utilizar circuitos cerrados para los lavados intensivos que generan sólidos (por ejemplo, lavado de caña de azúcar y remolacha) y sistemas de depuración del gas de combustión.

Emisiones al aire

Las emisiones al aire en la fabricación de azúcar se relacionan principalmente con las partículas generadas a partir de las calderas de vapor alimentadas con bagazo, el polvo procedente de carreteras y zonas de acceso sin pavimento, y las actividades de secado o empaquetado de azúcar. Además, las emisiones de olores se generan a partir de las actividades de transformación de la remolacha y de las instalaciones de almacenamiento. La clarificación de jugos en la fábrica de remolacha produce un olor dulce, que puede ser molesto. La limpieza inadecuada de la materia prima puede dar lugar a la fermentación del jugo, que también creará un olor fétido.

Partículas y polvo

Las medidas recomendadas para impedir o controlar las partículas incluyen las siguientes:

- Hacer funcionar las calderas de vapor alimentadas con bagazo fijando como objetivo al mismo tiempo las guías sobre emisiones aplicables a la combustión de combustibles sólidos contenidas en las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad**. Los métodos de control típicos incluyen modificaciones de las calderas o controles adicionales, (por ejemplo, ciclones para el gas de combustión y filtros de tejido, o dispositivos de precipitación electrostática, lavado en húmedo y sistemas de recirculación local) para retener las cenizas, y reciclar el agua a fin de impedir la emisión de partículas;³
- Utilizar depuradores húmedos para eliminar el polvo procedente del secado y de la refrigeración de azúcar;
- Disminuir el polvo generado en las carreteras y zonas de paso, limpiándolas y manteniendo un nivel suficiente de humedad;

³ Puede ser necesario evaluar el grado apropiado de control de las calderas alimentadas con bagazo partiendo de cada caso individual según determinen los impactos previstos por los modelos de simulación de calidad ambiental.

- Instalar sistemas de ventilación con filtros en los dispositivos de transporte para el azúcar seco y en las máquinas de empaquetado del azúcar.

Gases de escape

Las emisiones de gases de escape producidas por la combustión de materias orgánicas en las calderas para la generación de energía y calor pueden ser la fuente más importante de emisiones al aire en el proceso de elaboración de azúcar. Durante la selección y la adquisición de las máquinas se tendrán en cuenta las especificaciones relativas a las emisiones al aire.

En las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad** se proporciona orientación con respecto al manejo de pequeñas emisiones procedentes de centrales térmicas con una capacidad de hasta 50 megavatios-hora (MWth), incluidas las normas en materia de emisiones al aire para los gases de escape. En cuanto a las emisiones procedentes de centrales térmicas con una capacidad de más de 50 MWth, consúltense las **Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para las centrales térmicas**.

Olores

Las medidas recomendadas para impedir o controlar los olores en las instalaciones de transformación de remolacha incluyen las siguientes:

- Mantener limpias las instalaciones de transformación y almacenamiento de remolacha para evitar la acumulación y fermentación del jugo;
- Utilizar el lavado en húmedo para eliminar los olores con una gran afinidad con el agua (por ejemplo, el amoníaco emitido en el secado de la pulpa de remolacha);
- Considerar el uso de tratamientos biológicos;

- Asegurarse de que el vapor procedente de la sección de carbonatación se emite desde un conducto de suficiente altura.

Consumo y manejo de energía

Las fábricas de azúcar utilizan la energía para calentar el agua y producir vapor destinado a las aplicaciones del proceso industrial y a la limpieza. Reducir el consumo de energía tendrá un efecto positivo en las emisiones al aire. La conservación y manejo general de la energía se abordan en las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad**. Las recomendaciones adicionales específicas de la industria incluyen:

- Instalar una tecnología combinada para calor y energía, accionada por turbina, que permite a las instalaciones generar el consumo propio de electricidad y vapor para el proceso industrial y vender la electricidad sobrante;
- Utilizar fibra residual o bagazo de la caña como combustible para la generación de vapor y energía. Asegurarse de que el nivel de humedad del bagazo es inferior al 50% antes de utilizarlo como combustible de la caldera para mejorar su capacidad calorífica, así como su eficacia general para la generación de vapor, y evitar la necesidad de combustibles complementarios;
- Aplicar la digestión anaeróbica a los residuos orgánicos de gran resistencia (por ejemplo, vinazas o aguas de lavado procedentes de la destilería y de la fabricación de productos químicos orgánicos) para producir biogás. Utilizar biogás para alimentar las calderas de destilería o activar los sistemas combinados de calor y energía que generan energía eléctrica y agua caliente / vapor;
- Mantener limpias las superficies de combustión añadiendo productos químicos para impedir incrustaciones. Las incrustaciones se deben a sales minerales no eliminadas

durante la clarificación y puede impedirse o disminuirse su formación añadiendo polímeros especiales al jugo depurado;

- Garantizar un consumo de energía uniforme mediante el manejo de procesos por lotes (por ejemplo, centrifugadoras, calderas al vacío) para programar la demanda de energía y compensar la demanda de vapor en las calderas;
- Reutilizar el vapor de las calderas al vacío para calentar el jugo o el agua;
- Utilizar un evaporador de al menos cinco efectos;
- Combinar el secado de la pulpa de remolacha con el sistema principal de energía de la instalación.
- Seleccionar las condiciones de funcionamiento del sistema de turbina de vapor y de la caldera para ajustar la relación calor-energía de la red de servicios públicos a la de la instalación. Si, a pesar de la selección de una caldera de alta presión, la instalación necesita pasar más vapor a través de la turbina del que utiliza en el proceso para generar la energía suficiente, deberá condensarse el vapor en lugar de eliminarlo.

1.2 Higiene y seguridad ocupacional

Los peligros en materia de higiene y seguridad que afrontan los trabajadores en las fábricas de azúcar son similares a los de otras instalaciones industriales y se podrán encontrar recomendaciones para el manejo de estas cuestiones en las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad**. Además, las cuestiones relativas a la higiene y seguridad en el trabajo que pueden relacionarse específicamente con las operaciones de fabricación de azúcar incluyen las siguientes:

- Riesgos físicos
- Exposición al polvo y peligros biológicos
- Exposición a productos químicos (incluidos gases y vapores)

- Exposición al calor y al frío y a la radiación
- Exposición al ruido y las vibraciones

Peligros físicos

Los riesgos más frecuentes de accidentes en las fábricas de azúcar son los tropezones y caídas causados por suelos resbaladizos, escaleras y plataformas elevadas (debido al agua y a la melaza, por ejemplo), el uso incorrecto de equipo (por ejemplo, máquina de empaquetado y sistemas de transporte), contacto con bordes filosos en las máquinas de fabricación (por ejemplo, sustitución de cuchillas gastadas en las rebanadoras), accidentes relacionados con las bandas transportadoras, y explosiones (por ejemplo, secado y almacenamiento de azúcar, almacenamiento de gases combustibles, y calderas). En las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad** se pueden encontrar recomendaciones para el manejo de estas cuestiones.

Lesiones reiteradas en el trabajo

En las actividades de fabricación de azúcar pueden presentarse una serie de situaciones en las que los trabajadores pueden estar expuestos a trabajos de elevación y de transporte así como a trabajos repetitivos y lesiones por posturas adoptadas durante el trabajo. En las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad** se analizan las medidas de manejo recomendadas para reducir estas lesiones.

Polvo y peligros biológicos

Los trabajadores están expuestos al polvo (incluidos los agentes biológicos y microbiológicos) durante los procesos de secado y empaquetado del azúcar. En las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad** se pueden encontrar recomendaciones para el manejo de estas cuestiones.

Calor, frío y radiación

Los trabajadores pueden estar expuestos al calor, al frío y a la radiación derivados de los cambios en las condiciones climáticas internas causados por actividades o zonas frías y templadas y por la exposición al calor (por ejemplo, procedente de las calderas o de los equipos calientes). En las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad** se analizan las medidas recomendadas para impedir y controlar la exposición al calor, al frío y a la radiación.

Ruido y vibraciones

El ruido y las vibraciones se derivan de una serie de fuentes (por ejemplo, el transporte interno y externo, el flujo en las tuberías, la molienda de cal, maquinaria rotativa, ventiladores, turbinas y compresores). En las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad** se analizan las medidas recomendadas para impedir y controlar la exposición al ruido.

1.3 Higiene y seguridad en la comunidad

Los impactos en la higiene y seguridad de la comunidad durante la construcción, puesta en funcionamiento y desmantelamiento de las fábricas de azúcar son comunes a los de otras instalaciones industriales, y se analizan en las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad**.

2.0 Indicadores y seguimiento del desempeño

2.1 Medio ambiente

Guías sobre emisiones y efluentes

En la Tabla 1 figuran las guías sobre efluentes para este sector. Los valores de las guías para las emisiones y efluentes del

proceso industrial en este sector son indicativos de la práctica internacional recomendada para la industria reflejada en las normas correspondientes de los países con marcos normativos reconocidos. Las guías sobre efluentes son aplicables a los vertidos directos de efluentes tratados a aguas superficiales para el uso general. Los niveles de vertido específicos del emplazamiento pueden establecerse con base en la disponibilidad y condiciones de los sistemas de tratamiento y recolección de aguas de alcantarillado público o, si se vierten directamente a las aguas superficiales, con base en la clasificación del uso del agua receptora que se describe en las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad**. Estos niveles deberán alcanzarse, sin dilución, al menos el 95% del tiempo en que la planta o la instalación están en funcionamiento, calculado en proporción a las horas de funcionamiento anuales. La desviación de estos niveles debido a las condiciones específicas del proyecto local deberá justificarse en la evaluación ambiental.

Las guías sobre emisiones procedentes de la combustión, relacionadas con centrales de generación de vapor y energía a partir de fuentes con una capacidad igual o inferior a la 50 MWth, se analizan en las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad** y las guías sobre emisiones procedentes de centrales de mayor capacidad se analizan en las **Guías sobre medio ambiente, salud y seguridad para centrales térmicas**. En las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad** se proporciona orientación sobre consideraciones ambientales basadas en la carga total de emisiones.

Tabla 1. Niveles de efluentes para la fabricación de azúcar

Contaminantes	Unidades	Valor de las guías
pH	pH	6 – 9
DBO ₅	mg/l	50
DQO	mg/l	250
Nitrógeno total	mg/l	10
Fósforo total	mg/l	2
Aceites y grasas	mg/l	10
Sólidos en suspensión totales	mg/l	50
Biocidas	mg/L	0.05
Aumento de temperatura	°C	<3 ^b
Bacterias coliformes totales	NMP ^a / 100 ml	400
Principios activos / Antibióticos	Deberán determinarse para cada caso específico	
Notas:		
^a NMP = Número Más Probable		
^b Al límite de una zona de mezcla científicamente demostrada que tiene en cuenta la calidad del agua ambiental o el uso del agua receptora, los posibles receptores y la capacidad asimilativa		

Seguimiento ambiental

En los programas de seguimiento ambiental implementados para este sector deben abordarse todas las actividades identificadas que podrían tener impactos importantes en el medio ambiente durante las operaciones normales y en condiciones irregulares. Las actividades de seguimiento ambiental deben basarse en indicadores directos o indirectos de las emisiones, en los efluentes y en el uso de los recursos aplicables al proyecto concreto.

Las actividades de seguimiento deben llevarse a cabo con la frecuencia que sea suficiente para proporcionar datos representativos sobre el parámetro en cuestión. Estas actividades deben ser realizadas por personas idóneas, que

han de seguir los procedimientos indicados de seguimiento y mantenimiento de registros y utilizarán equipos calibrados y mantenidos adecuadamente. La información obtenida debe ser analizada y examinada a intervalos periódicos y comparada con las normas operativas con el fin de adoptar las medidas correctoras que sean necesarias. Las **Guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad** contienen orientaciones adicionales sobre los métodos analíticos y de muestreo que pueden aplicarse en el caso de las emisiones y efluentes.

Uso de recursos

En la Tabla 2 figuran ejemplos de indicadores de consumo de recursos en este sector. Se proporcionan valores de referencia de la industria exclusivamente a efectos comparativos y los proyectos individuales deberían destinarse a la mejora continua en estas áreas.

2.2 Higiene y seguridad ocupacional

Guías sobre higiene y seguridad ocupacional

Para evaluar el desempeño 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)⁴, el Instituto Nacional de Higiene y Seguridad Ocupacional de los Estados Unidos (NIOSH)⁵, los límites permisibles de exposición publicados por la Administración de Seguridad e Higiene Ocupacional de los Estados Unidos (OSHA)⁶, los valores límite indicativos de

⁴ <http://www.acgih.org/TLV/>
⁵ <http://www.cdc.gov/niosh/npg/>

⁶ http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9992

exposición profesional publicados por los Estados miembros de la Unión Europea⁷, u otras fuentes similares.

Tasas de accidentes y letalidad

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, inclusive, 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)⁸.

Tabla 2. Consumo de recursos y energía

Insumo por unidad de producto	Unidad de carga másica	Referencia de la Industria
Consumo de energía (combustible y electricidad) en la industria de la remolacha	kWh/tonelada de remolacha	300 ^a
	MJ/tonelada de remolacha	819 ^b
Consumo de combustible adicional en la industria de la caña de azúcar	L combustible/tonelada de caña	0
Consumo de agua dulce por unidad de fabricación (materias primas)	m ³ /tonelada de caña	0,5 – 0,9
	m ³ /tonelada de remolacha	0,5 ^a
^a EC (2005)		
^b CEFS (2003)		

Seguimiento de la higiene y seguridad ocupacional

Es preciso realizar un seguimiento de los riesgos que pueden correr los trabajadores en el entorno laboral del proyecto

⁷ http://europe.osha.eu.int/good_practice/risks/ds/oel/

concreto. Las actividades de seguimiento deben ser diseñadas y aplicadas por profesionales acreditados⁹ como parte de un programa de seguimiento de la higiene y seguridad en el trabajo. 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 medio ambiente, salud y seguridad** contienen orientaciones adicionales sobre los programas de seguimiento de la higiene y seguridad en el trabajo.

⁸ <http://www.bls.gov/iif/> and <http://www.hse.gov.uk/statistics/index.htm>

⁹ Los profesionales acreditados incluyen: higienistas industriales certificados, higienistas ocupacionales diplomados o profesionales de la seguridad certificados o su equivalente.

3.0 Referencias y fuentes adicionales

Arbejdstilsynet. 2005. Anmeldte arbejdsbetingede lidelser 1999–2000. Årsopgørelse 2004. Copenhagen: Arbejdstilsynet. (Reported accumulated occupational disease 1999–2004. Annual report 2004). Disponible en <http://www.at.dk/graphics/at/07-Arbejds miljoe-i-tal/02-Arbejdsskader/Aarsopgoerelser/Anmeldte-arbejdsbetingede-lidelser-2004.pdf>

BLS (US Bureau of Labor Statistics). 2004a. Industry Injury and Illness Data – 2004. Supplemental News Release Tables. Table SNR05: Incident rate and number of nonfatal occupational injuries by industry, 2004. Disponible en <http://www.bls.gov/iif/home.htm> y <http://www.bls.gov/iif/oshwc/osh/os/ostb1479.pdf>

BLS (US Bureau of Labor Statistics). 2004b. Census of Fatal Occupational Injuries Charts, 1992–2004. Table (p.10): Number and rate of fatal occupational injuries by private industry sector, 2004. (). Disponible en <http://www.bls.gov/iif/oshwc/cfoi/cfch0003.pdf>

CEFS (European Committee of Sugar Manufacturers). 2001. Guide to Establishing BAT in the Sugar Industry. CEFS.

CEFS (European Committee of Sugar Manufacturers). 2003. Environmental Report Beet Growing and Sugar Production in Europe. CEFS. Disponible en <http://www.comitesucre.org/www/pdf/environ.pdf>

EC (European Commission). 2005. Integrated Pollution Prevention and Control, Reference Document on Best Available Techniques in the Food, Drink and Milk Industries. Borrador final adoptado. EC. Disponible en <http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm>

EC (European Communities). 1996. Council Directive 96/61/EC of 24 September 1996 concerning integrated pollution prevention and control (IPPC). EC. Disponible en http://europa.eu.int/eur-lex/en/consleg/pdf/1996/en_1996L0061_do_001.pdf

Exposure to Endotoxins and Microbes in the Treatment of Waste Water and in the Industrial Debarking of Wood. Disponible en http://europe.osha.eu.int/OSHA/index.html/newsboard_view

FAO and WHO (Food and Agriculture Organization of the United Nations and World Health Organization). 1962–2005. Codex Alimentarius. Ginebra: FAO y WHO. Disponible en http://www.codexalimentarius.net/web/index_en.jsp

Harrison, Tom, et al. 1999. Investing in Sugar in Emerging Markets. International Sugar Journal 101: Commonwealth Development Corporation.

HSE (Health and Safety Executive UK). United Kingdom, Food and Drink Manufacture. Londres: HSE. Disponible en <http://www.hse.gov.uk/food/index.htm>

ICIDCA (Instituto Cubano de Derivados de la Caña de Azúcar). Manual de los Derivados de la Caña de Azúcar. La Habana: ICIDCA. Disponible en <http://www.icidca.cu/Publicaciones/Manual.htm>

NSW . Sugar Milling, Waste Minimization and Energy Efficiency. NSW. Disponible en <http://www.deh.gov.au/settlements/industry/corporate/eecp/case-studies/nswsugar.html>

Queensland Government. HS Codes for Sugar Industry. Queensland. Disponible en <http://www.dir.qld.gov.au/workplace/law/codes/sugar/index.htm>

hailand MOSTE (Ministry of Science, Technology and Environment). 1996. Industrial Effluent Standard. Source: Notification the Ministry of Science, Technology and Environment, No. 3, B.E.2539 (1996) issued under the Enhancement and Conservation of the National Environmental Quality Act B.E.2535 (1992). MOSTE. Disponible en http://www.pcd.go.th/info_serv/en_reg_std_water04.html#s1

Anexo A: Descripción general de las actividades de la industria

Las instalaciones para la fabricación de azúcar transforman la remolacha y la caña de azúcar en azúcar cristalino y otros productos derivados (por ejemplo, etanol y otros productos químicos orgánicos). Más del 70% de la fabricación de azúcar mundial se basa en la caña de azúcar y el porcentaje restante se basa en la remolacha azucarera. En general, las instalaciones de tratamiento de caña de azúcar pueden tratar entre 500 y 10.000 toneladas de caña de azúcar al día. Las instalaciones de tratamiento de remolacha pueden tratar entre 2.000 toneladas de remolacha/24 horas y 15.000 toneladas de remolacha/24 horas.

Los modernos molinos de azúcar pueden utilizar bagazo (fibra de desecho) para cubrir sus propias necesidades de energía eléctrica y suministrar, al mismo tiempo, la energía sobrante a la red eléctrica local. Unas instalaciones independientes transforman la remolacha y la caña en otros productos derivados de la sucrosa (por ejemplo, azúcar líquido, azúcar orgánico y jarabe orgánico) distribuirlos a otras aplicaciones industriales o a los consumidores.

La caña de azúcar contiene un 70% de agua, un 14% de fibra, un 13,3% de sacarosa (entre el 10 y 15% de sucrosa aproximadamente), y el 2,7% de impurezas solubles. La remolacha azucarera tiene un contenido de agua del 75% y la concentración de sacarosa es del 17% aproximadamente.

Proceso de fabricación

Los procesos de fabricación del azúcar de caña y de remolacha son similares. En ambos intervienen las fases de recepción, limpieza, extracción, clarificación de jugos, evaporación, cristalización, centrifugado, secado, almacenamiento y empaquetado que se ilustran en las figuras A-1 y A-2. La fabricación de azúcar de caña y de remolacha suele ubicarse

contigua a las fuentes de materias primas para reducir los costes y el tiempo de transporte y para garantizar materia prima fresca.

Recepción de remolacha y caña de azúcar

La caña de azúcar y la remolacha azucarera se descargan de los vehículos de transporte una vez que se ha obtenido una muestra para la evaluación del contenido de azúcar y suciedad. La cadena de producción de remolacha funciona continuamente a plena capacidad, mientras que la cadena de producción de caña de azúcar generalmente tiene que pararse cada 14 días aproximadamente para facilitar la eliminación de incrustaciones en las superficies de calefacción. Las instalaciones de tratamiento de caña de azúcar y remolacha disponen habitualmente de grandes superficies para almacenar suficientes materias primas a fin de facilitar la fabricación en continuo.

Lavado y extracción de caña

Tradicionalmente la caña se quemaba en el campo antes de ser transportada a las instalaciones de tratamiento para eliminar las hojas del tallo de la caña. La tendencia actual es recolectar la caña verde no quemada, y devolver las hojas al campo en donde los residuos de la cosecha fomentan la conservación del suelo. Las instalaciones de caña de azúcar pueden tener operaciones de lavado, seguidas de la disgregación de la materia prima mediante cuchillas y molinos de martillos.

La extracción del jugo de azúcar se obtiene con molinos trituradores que extraen el jugo. Los restos del tallo de la caña se denominan "bagazo", que contienen fibra de celulosa y se utiliza principalmente en la planta de tratamiento como combustible para la generación de energía. Cuando el

combustible se puede obtener de otra fuente, el bagazo puede utilizarse para tratamientos adicionales en la industria de celulosa. La extracción del jugo de la caña también se puede obtener mediante un proceso de lixiviación por difusión, que puede generar índices de extracción más altos y un consumo de energía un 50% inferior al de un molino mecánico.

Lavado y extracción de remolacha

El lavado de la remolacha azucarera consume gran abundancia de agua, y el agua de lavado suele recircularse. Durante el lavado, la tierra, las piedras y las hojas se separan de la remolacha. Las piedras separadas se pueden utilizar, por ejemplo, como grava para la industria de la construcción. La desintegración de la remolacha se logra cortándola en tiras (cosetas). El jugo se extrae mediante un difusor, donde las tiras se mezclan con agua de extracción caliente para formar una solución de azúcar, denominada "jugo de difusión".

Posteriormente, las cosetas de remolacha desechadas se prensan y secan para producir alimento para animales.

Clarificación, evaporación y cristalización

El jugo que se obtiene del proceso de extracción se clarifica mezclándolo con lechada de cal, y posteriormente se filtra para eliminar el lodo. En la fabricación de azúcar basada en la remolacha, la cal se produce a partir de la piedra caliza, que entra en combustión en un horno de cal especialmente diseñado. Los principales productos obtenidos son piedra caliza quemada y dióxido de carbono (CO₂). La piedra caliza quemada se utiliza para generar lechada de cal y el CO₂ también se añade al líquido en un proceso denominado carbonatación. Dado que se necesitan grandes cantidades de lechada de cal y gas, este es un proceso continuo. Estas sustancias se añaden al jugo y, en el proceso de carbonatación, fijan otros componentes, como la proteína, a las partículas de cal. Después, la cal se filtra, y da lugar a lodos de cal, y se seca para el uso como producto para la mejora del suelo en la

agricultura. La solución clara de jugo resultante se denomina "jugo depurado".

Aunque el proceso de carbonatación produce buenos resultados, apenas se utiliza en la industria de la caña de azúcar debido a la inversión requerida y a una escasez general de la materia prima principal, la cal. Las instalaciones de tratamiento de la caña de azúcar suelen comprar polvo de piedra caliza quemada, preparada para usarla directamente, y lo utilizan para generar lechada de cal. Después de la clarificación, el jugo depurado tiene un contenido en azúcar de aproximadamente el 15%. Para permitir la cristalización del azúcar se necesitan concentraciones superiores al 68%, que se logran mediante la evaporación. El agua se elimina del jugo depurado en una serie de recipientes de evaporación hasta que se obtiene un jarabe con un contenido en materia seca del 68–72%. Este jarabe se evapora hasta que se forman cristales de azúcar, y después los cristales y el jarabe se centrifugan para separar los dos componentes. El jarabe final, que contiene el 50% de azúcar, se denomina melaza. Posteriormente, los cristales de azúcar se secan y almacenan (por ejemplo, en silos).

La melaza es el producto derivado más importante de la fabricación de azúcar. La melaza se puede utilizar como forraje para el ganado o como materia prima en la industria de la fermentación. Para facilitar el uso de la melaza, que se genera en volúmenes relativamente altos, las instalaciones de fabricación de azúcar pueden combinarse con plantas de destilación (véase más adelante). La base para la destilería puede ser el jugo de azúcar, la melaza o una combinación de ambos productos.

Refinado del azúcar

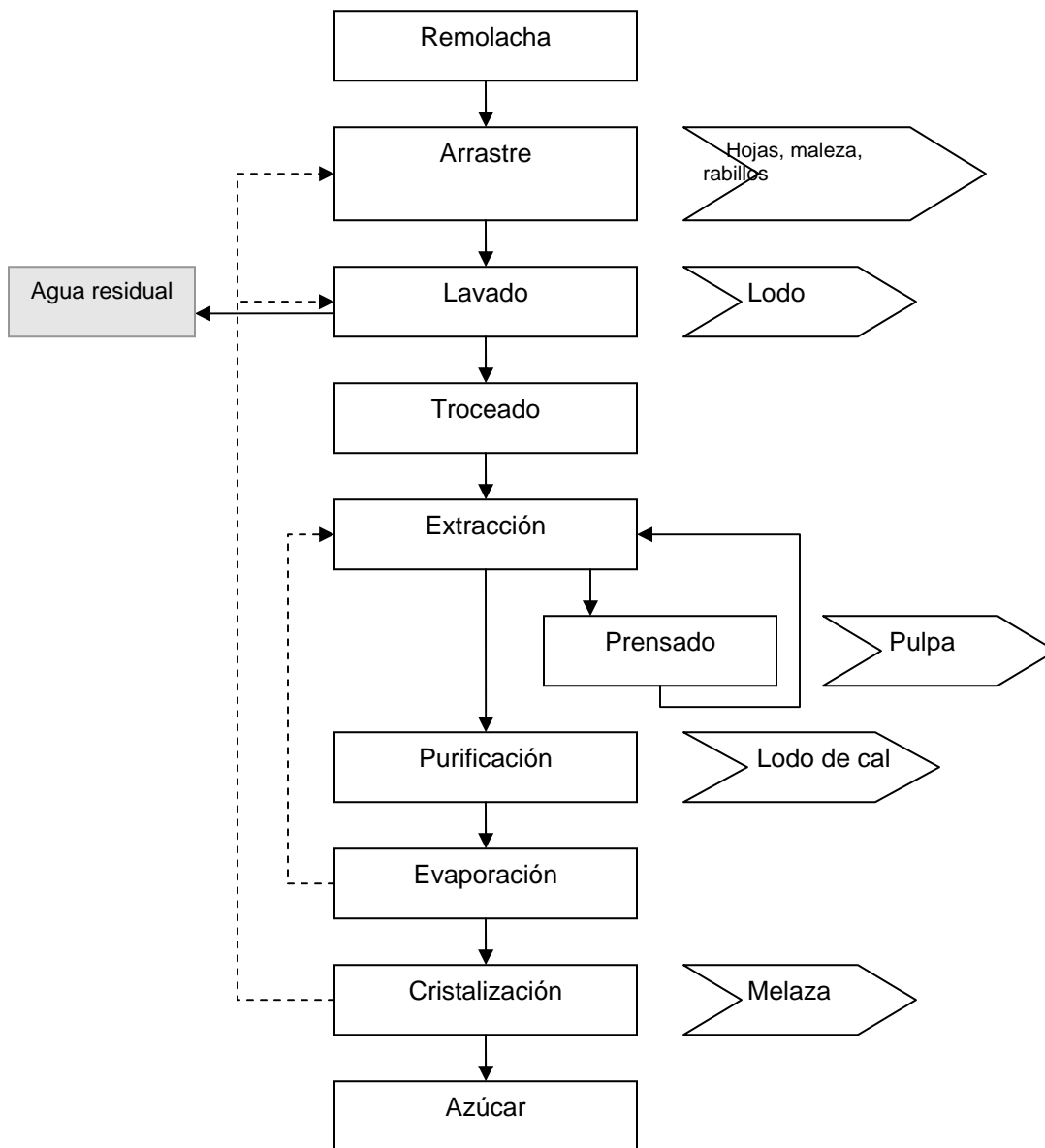
El refinado del azúcar implica la afinación (mezcla y centrifugado), fusión, clarificación, decoloración, evaporación,

cristalización y acabado. En los métodos de decoloración se utiliza carbón activo granular, carbón activo en polvo, resinas de intercambio iónico y otros materiales.

Destilería

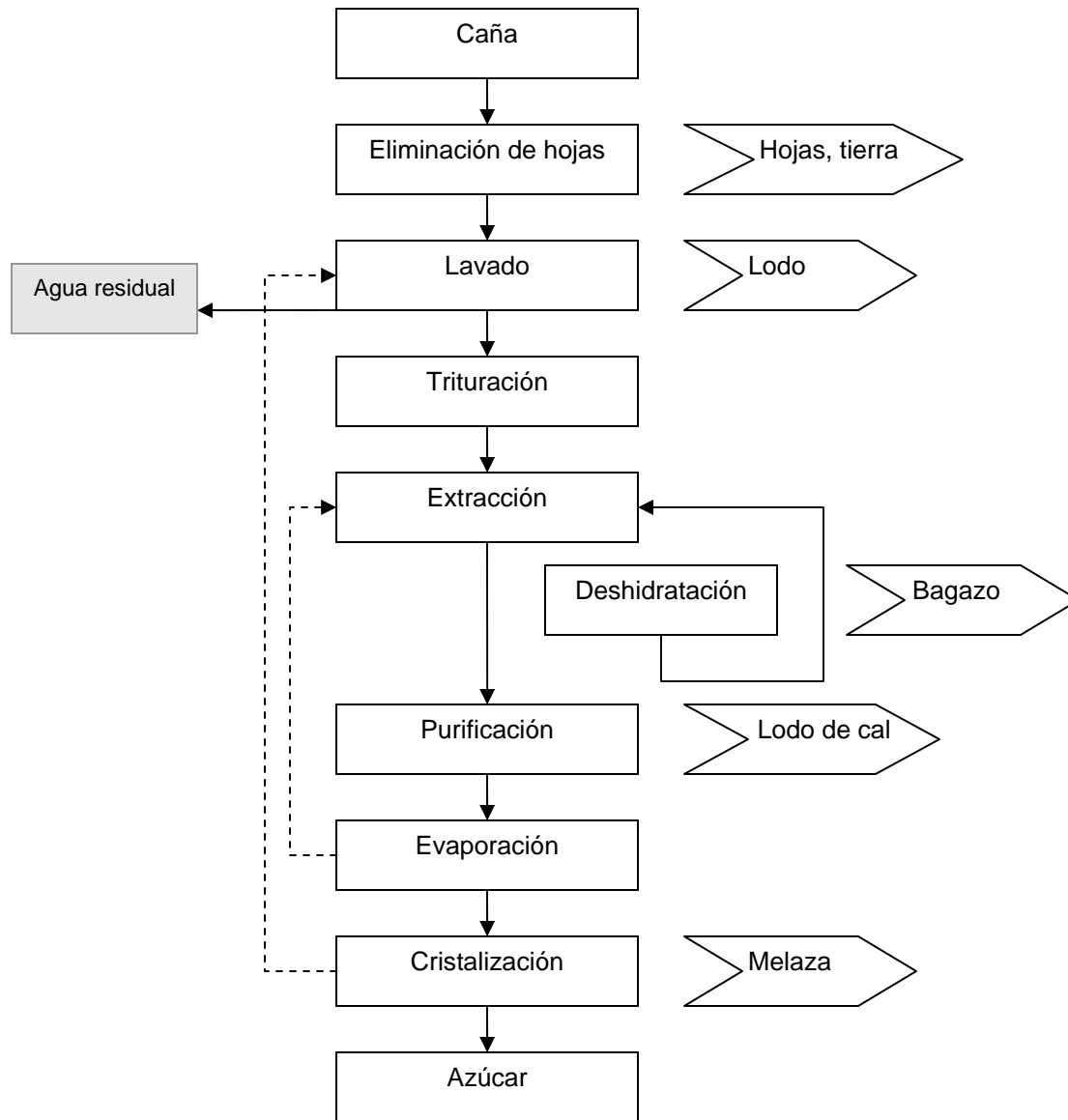
Una destilería asociada puede emplear fermentación discontinua o continua, seguida de destilación, para producir etanol con una pureza del 95%. Este etanol se puede utilizar en otras industrias o puede someterse a otros tratamientos y mezclarse con gasolina. Los desechos del proceso de destilación se denominan vinaza. La digestión anaeróbica de estos desechos se utiliza para producir biogás, que se puede utilizar para la producción de combustible de calderas para la destilería o como combustible para motores de calor y energía combinados. Los desechos restantes pueden devolverse a los campos de cultivo o utilizarse en la fabricación de compost a partir de los sólidos orgánicos que se producen durante el proceso.

Figura A.1: Fabricación de azúcar a partir de la remolacha



Fuente : Adaptada del [Comité Européen des Fabricants de Sucre](#) (CEFS), 2003.

Figura A.2: Fabricación de azúcar a partir de la caña



Fuente: Adaptada del [Comité Européen des Fabricants de Sucre](#) (CEFS), 2003.