

Guía de Mejores Técnicas Disponibles en España del sector de elaboración de Malta



2009

EQUIPO DE TRABAJO Y REDACCIÓN

Directora del equipo:

Carmen Canales Canales. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino

Coordinadores técnicos:

Andrés Pascual Vidal Ainia

Colaboradores:

Alfredo Rodrigo Señer	Ainia
Patricio López Expósito	Ainia
Uldarico García García.	Intermalta.
Fermín Cremades Ramírez.	Cargill España.
Agustí Rubió Bosch.	Grupo Damm.
Tomás Madueño Esquinas.	Heineken España.
Nicolás Castrejón Carrasco.	Mahou-San Miguel.
Antonio Fumanal.	La Zaragozana.
Jacobo Olalla Marañón.	Malteros de España.
Consejo Quesada López.	Malteros de España
Paloma Sánchez Pello	FIAB
Mar Santacana	Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia
Mª Paz Santamaría Hergueta	Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino
María Colmenares Planás	Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino
Juan Pablo Belzunegui	Gobierno de Navarra



MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO

Secretaria General Técnica: Alicia Camacho García. **Subdirector General de Información al Ciudadano, Documentación y Publicaciones:** José Abellán Gómez. **Director del Centro de Publicaciones:** Juan Carlos Palacios López. **Jefa del Servicio de Producción y Edición:** M.ª Dolores López Hernández.

Edita:

© Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino
Secretaría General Técnica
Centro de Publicaciones

Distribución y venta

Paseo de la Infanta Isabel, 1
Teléfono: 91 347 55 51-91 347 55 41
Fax: 91 347 57 22

Maquetación, impresión y encuadernación: Talleres Centro de Publicaciones del MARM

Plaza San Juan de la Cruz, s/n
Teléfono: 91 597 60 81

Fax: 91 597 66 01

Tienda virtual: www.marm.es

e-mail: centropublicaciones@marm.es

NIPO: 770-09-191-7

ISBN: 978-84-491-0964-5

Depósito Legal: M-53906-2009

Catálogo General de Publicaciones Oficiales:

<http://www.060.es> (servicios en línea/oficina virtual/Publicaciones)

Datos técnicos: Formato: 21x29,7 cm. Caja de texto: 17x23,2 cm. Composición: una columna. Tipografía: New Century Schoolbook a cuerpo 10. Encuadernación: fresado. Papel: reciclado 100% libre de cloro. Cubierta en cartulina gráfica de 250 g. Tintas: 4/4 tintas.

Presentación

El Sexto Programa de Acción Comunitaria en Materia de Medio Ambiente, adoptado en julio de 2002, confirma que la aplicación y el cumplimiento más efectivo de la legislación comunitaria en materia de medio ambiente constituyen una prioridad.

Sigue por tanto, surgiendo la necesidad de dotarnos de herramientas que, partiendo del respeto al medio ambiente, concluyan el proceso de interpretación entre éste y el crecimiento económico, es decir, de crear instrumentos que pongan en práctica el Desarrollo Sostenible.

En nuestro caso, los principales instrumentos integradores dirigidos a los sectores industriales y a las Autoridades Competentes, cuyos ejes más importantes son fundamentalmente la concesión de la Autorización Ambiental Integrada (AAI) y el concepto de Mejor Técnica Disponible, son la Ley 16/2002 de Prevención y Control Integrados de la Contaminación y los documentos de Mejores Técnicas Disponibles, tanto europeos –documentos BREF- como las Guías de Mejores Técnicas Disponibles en España de diversos sectores industriales.

El sistema de permisos tiene como meta garantizar que los titulares de las instalaciones adopten medidas de prevención de la contaminación, en especial mediante la aplicación de las Mejores Técnicas Disponibles, que no se produzca ninguna contaminación importante, que los residuos inevitables se recuperen o se eliminan de manera segura, que se utilice la energía de manera eficiente, que se tomen medidas para prevenir los accidentes y, en el caso de que se produzcan, limitar sus consecuencias y que el lugar de la explotación vuelva a quedar en un estado satisfactorio tras el cese de las actividades.

Teniendo en cuenta este enfoque integrador y para ayudar a las autoridades competentes en la tarea de conceder la AAI y especificar los límites de emisión de las distintas sustancias, a los diferentes medios, que deben estar basados necesariamente en las Mejores Técnicas Disponibles, el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, siguiendo con la continuación de la serie que inició en el 2003, publica esta Guía de Mejores Técnicas Disponibles en España del Sector de elaboración de la Malta.

Es importante señalar y destacar la estrecha colaboración que todo el sector ha tenido en la elaboración de esta Guía y el interés mostrado en la innovación tecnológica y la mejora de procesos, con el objetivo de incluir metodologías de mejora ambiental continua, en su estrategia empresarial como criterios de competitividad.

Por último me gustaría destacar que los documentos de MTD en España están facilitando el paso hacia una nueva forma de compromiso de mejora del medio ambiente y desear que, de las ideas expuestas en la Guía y del diálogo común, surjan nuevas iniciativas que puedan redundar en beneficio y mejora del medio ambiente.

M^a Jesús Rodríguez de Sancho
*Directora General de Calidad
y Evaluación Ambiental*

Índice de contenidos

Prólogo	9
Capítulo 1. Información general del sector en España	13
1.1 Descripción de la actividad	13
1.2 Estructura del sector.....	14
Capítulo 2. Procesos y técnicas aplicadas	17
2.1 La malta	17
2.2 Proceso de elaboración de malta.....	17
2.2.1. Recepción y limpieza del grano	19
2.2.2. Limpieza preliminar	19
2.2.3. Almacenamiento	19
2.2.4. Selección y limpieza.....	19
2.2.5. Remojado.....	20
2.2.6. Germinación.....	20
2.2.7. Secado.....	21
2.2.8. Eliminación de raicillas (desgerminación)	21
2.3 Operaciones auxiliares	21
2.3.1. Sala de calderas	22
2.3.2. Sala de frío	22
2.3.3. Separación de partículas	22
2.3.4. Centro de suministro eléctrico	23
2.3.5. Planta de depuración de aguas residuales	23
2.3.6. Mantenimiento de equipos, instalaciones y servicios	25
2.3.7. Peletización de subproductos	25
2.3.8. Tratamiento de agua de proceso	25
2.4 Limpieza y desinfección.	26
Capítulo 3. Niveles actuales de consumo y emisión.....	27
3.1 Aspectos ambientales en las industrias malteras	27
3.2 Niveles de consumo	29
3.2.1. Materiales	29
3.2.2. Agua	30
3.2.3. Energía	30
3.3 Niveles de emisión.....	31
3.3.1. Agua residual	31
3.3.2. Generación de residuos/subproductos	33
3.3.3. Emisiones atmosféricas	34
3.3.4. Olores	36
3.3.5. Ruido	36

Capítulo 4. Mejores Técnicas Disponibles.....	37
4.1 Introducción.....	37
4.2 Consideraciones generales a la aplicación de las MTDs en una instalación maltera	38
4.2.1. Seguridad alimentaria.....	38
4.2.2. Especificaciones de producto.....	38
4.2.3. Viabilidad económica.....	38
4.2.4. Condicionantes locales y de instalación	39
4.3 Fichas de MTD	39
Descarga controlada de cebada e instalación de sistemas de aspiración y retención de partículas	42
Pulverización de agua durante la germinación.....	43
Recuperación del calor del aire de secado	44
Recirculación del aire generado en la etapa de tostado.....	45
Segregación de subproductos sólidos orgánicos e inorgánicos	46
Utilización de rejillas o trampillas sobre las entradas a los desagües para prevenir la entrada de materia sólida en la red de drenaje de aguas residuales.....	47
Optimización de los sistemas de limpieza en seco	48
Red separativa y segregación del vertido de aguas pluviales	49
Disponer de un sistema apropiado de tratamiento de aguas residuales.....	50
Establecimiento y control de indicadores de ecoeficiencia	51
Optimización de la eficiencia en motores y equipos.....	52
Implantación de sistemas de cogeneración	53
Planes de formación medioambiental.....	54
Programa de mantenimiento preventivo.....	55
Implantar buenas prácticas de gestión del agua	56
Implantar un plan de emergencias ambientales	57
Control de las emisiones de ruido	58
MTD genéricas	59
Consumo de agua	59
Consumo de materiales	59
Aguas residuales.....	60
Residuos	60
Capítulo 5. Medición y control de emisiones	63
5.1 Consumo de recursos.....	65
5.2 Aguas residuales	65
5.2.1. Caudal/volumen.....	66
5.2.2. Toma de muestras	67
5.2.3. Parámetros de control	68
5.2.4. Registro europeo de emisiones y fuentes contaminantes (PRTR).....	71
5.2.5. Valores límite actuales en la legislación española y europea	72
5.3 Emisiones atmosféricas.....	73
5.3.1. Medición de gases de combustión	73
5.3.2. Registro europeo de emisiones y fuentes contaminantes (PRTR).....	75
5.3.3. Valores límite actuales en la legislación española y europea	76
5.4 Subproductos/residuos	76
5.4.1. Subproductos/restos orgánicos.....	77

5.4.2. Peligrosos	78
5.4.3. Residuos no peligrosos.....	79
Capítulo 6. Técnicas emergentes y en desuso.....	81
6.1 Técnicas emergentes	81
6.1.1. Automatización de las operaciones de germinación	81
6.1.2. Utilización de tostadores de doble lecho	81
6.1.3. Reutilización de agua residual depurada en procesos no productivos.....	82
6.1.4. Aprovechamiento del biogás generado en las instalaciones de digestión anaerobia de aguas residuales	82
6.2 Técnicas en desuso	82
6.2.1. Secado con gas de combustión directo	82
6.2.2. Remojado por pulverización de agua	83
Anejos	85
Métodos de muestreo y medición de parámetros PRTR que afectan a las aguas.....	85
Métodos de muestreo y medición de contaminantes PRTR atmosféricos	92
Glosario	95
Abreviaturas	95
Elementos y compuestos químicos.....	96
Unidades de medida y símbolos.....	97

Prólogo

Este documento es el resultado de llevar a la práctica uno de los compromisos indicados en la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrado de la contaminación, que es el de la publicación de Guías de mejores técnicas disponibles en España para cada uno de los sectores industriales.

La elaboración de esta guía nace de un acuerdo entre el Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, el *Centre d'Activitat Regional per a la Producció Neta* (CAR/PN) y la asociación *Malteros de España*.

El Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino y el Centre d'Activitat Regional per a la Producció Neta (CAR/PN) han financiado y coordinado la elaboración de la guía, además de participar en la revisión final de la misma.

Por su parte, el sector ha participado activamente en la elaboración de la guía suministrando datos e información sobre los procesos, los aspectos ambientales y las técnicas disponibles, así como en sus sucesivas revisiones. **Ainia Centro Tecnológico** ha sido el redactor técnico seleccionado para redactar esta guía.

Finalmente, los contenidos de la guía han sido revisados por expertos de las Administraciones públicas estatales y autonómicas

Por último, queremos resaltar que este documento es el primer paso de una nueva forma de mejora del medio ambiente enmarcado dentro de la estrategia general del Desarrollo Sostenible, ya que la necesaria actualización de los contenidos de la Guía en función de los avances técnicos y tecnológicos, garantiza el trabajo en común entre la Administración y la propia industria para la revisión continua del documento, dando así respuesta adecuada a los nuevos retos medioambientales.

Marco administrativo

La *Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrado de la contaminación*, conocida popularmente como Ley IPPC por sus siglas en inglés (Integrated Pollution Prevention and Control), incorpora al ordenamiento interno español la *Directiva 2008/1/CE*, del Parlamento y del Consejo, de 15 de enero (versión codificada), del mismo título.

La citada ley, de carácter básico, nace con una vocación preventiva y de protección del medio ambiente en su conjunto, con la finalidad de evitar, o al menos reducir la contaminación de la atmósfera, del agua y del suelo. La aprobación de estos textos legislativos ha supuesto un cambio importante en la concepción de los condicionados ambientales aplicables a las actividades industriales agroalimentarias. Las condiciones ambientales que se exigen para la explotación de las instalaciones recogidas en el anexo 1 de la Ley IPPC, quedarán plasmadas en el nuevo permiso único, denominado Autorización Ambiental Integrada (AAI).

El Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, cumpliendo con el compromiso reflejado en el artículo 8.1 de la Ley IPPC, ha promovido la elaboración de guías nacionales sobre mejores técnicas disponibles (MTD) por sectores. Como consecuencia de este compromiso se ha elaborado el presente documento, *Guía de Mejores Técnicas Disponibles en España del Sector de elaboración de Malta*.

Objetivos

En el caso concreto del sector agroalimentario, que es un sector que procesa materias primas muy variadas para producir multitud de productos distintos y debido a la diversidad de procesos que en él se dan, se ha decidido abordar estas guías desde el punto de vista subsectorial, de manera que cada uno de los subsectores con empresas afectadas por la Ley IPPC pueda contar con una guía específica, como es el caso del sector de elaboración de la malta.

Respecto a los potenciales usuarios de las distintas guías sectoriales de MTD (ya editadas o por editar) en el ámbito global de la industria agroalimentaria y de las explotaciones porcinas y avícolas españolas, cabe destacar que sus actividades suman buena parte del total de las 4.983¹ instalaciones afectadas por la Ley IPPC en España. En concreto son 2.569² las instalaciones que corresponden a estas actividades, el 51,5% del total.

Estas actividades están recogidas bajo el epígrafe 9 del anexo 1 de la Ley IPPC, y sus respectivas categorías. Las actividades incluidas en el alcance de esta guía están referidas en el siguiente epígrafe:

- 9.1 b2) Tratamiento y transformación destinados a la fabricación de productos alimenticios a partir de materia prima vegetal de una capacidad de producción de productos acabados superior a 300 t/d (valor medio trimestral).

Los objetivos que se persiguen con esta guía son básicamente:

- Servir de referencia a las administraciones competentes a la hora de conceder las AAI a las empresas del sector. Teniendo esto en cuenta, se ha pretendido que la guía constituya una herramienta sencilla y práctica en su uso, recogiendo la información necesaria y disponible en el momento de su redacción, expuesta y descrita con la claridad, extensión y precisión conveniente, para facilitar así la comprensión y el trabajo de las Comunidades Autónomas (CCAA), ya que corresponde a los órganos ambientales competentes de las CCAA la coordinación de los trámites de concesión de las AAI.
- Disponer de un documento cuyos contenidos se adapten a la realidad de la industria española y profundizar en la especificidad de la actividad de elaboración de malta, tomando como base los documentos de referencia europeos sobre MTD.
- Servir como herramienta de soporte para que las empresas puedan orientar sus futuras inversiones de forma compatible con los objetivos marcados en la Ley IPPC.

Destinatarios

Conforme a lo expuesto en el punto anterior, los principales destinatarios de la guía son las empresas del sector de elaboración de la malta que estén obligadas a solicitar la AAI y las administraciones públicas autonómicas que deben otorgar este permiso. Sin embargo, también puede ser un documento útil para las administraciones públicas de ámbito local y estatal, las cuales participan así mismo en el proceso de tramitación de las AAI mediante la emisión de informes vinculantes y no vinculantes de distinta índole.

Esta guía, puede constituir también una herramienta de consulta importante para apoyar el trabajo cotidiano que se desarrolla en empresas de ingeniería, consultoría, centros tecnológicos o para estudiantes. Por último, no hay que olvidar a aquellas instalaciones del sector de elaboración de malta que aún no estando afectadas por la Ley IPPC, tienen a su alcance un documento específico de su actividad, del que pueden ayudarse a la hora de tomar decisiones de alcance técnico y ambiental en sus instalaciones.

¹ Fuente: Ministerio de Medio Ambiente, noviembre 2004

² Fuente: EPER-España, mayo 2004

Autorización ambiental integrada (AAI) y mejores técnicas disponibles (MTD)

Todas las industrias afectadas por la *Ley 16/2002* deben disponer de un permiso único denominado Autorización Ambiental Integrada (AAI), definido en el artículo 3 de Ley IPPC.

La tramitación y evaluación de los expedientes se basará en la actividad específica de la instalación, su antigüedad y características técnicas, y especialmente en el entorno natural y geográfico en el que se ubica y los factores locales con los que interactúa. El alcance del permiso engloba todo tipo de aspectos ambientales: consumo de recursos naturales, aguas residuales, residuos, contaminación del suelo y aire, etc.

Esto supone una gran diferencia con los permisos anteriores a la Ley IPPC ya que éstos eran otorgados sin ponderar el tipo de actividad industrial desarrollada y exclusivamente asociados a alguno de los aspectos mencionados anteriormente.

La Ley IPPC persigue incentivar y discriminar positivamente soluciones o técnicas que en su diseño ahorren realmente contaminación, en otras palabras, se pone el acento en la prevención. Bajo este marco normativo entramos por tanto en la era de las tecnologías limpias frente a las ya muy extendidas tecnologías de corrección o control de la contaminación al final de línea.

En muchos casos es inevitable e imprescindible controlar la contaminación generada ya que la prevención por si sola no es suficiente para evitar que ésta se produzca a unos niveles admisibles. Así pues, se trata de encontrar un equilibrio o integración lógica entre prevención y control, y de ahí el nombre de la Ley IPPC de “Prevención y Control Integrado de la Contaminación”.

Uno de los puntos clave de la Ley IPPC es el de establecer unos valores límite de emisión (VLE) en la correspondiente Autorización Ambiental Integrada, basándose en los niveles de consumo y emisión asociados a las MTD y tomando en consideración los aspectos señalados en el 2º párrafo de este punto (también relacionados en el artículo 7.1 de la ley).

Las MTD son técnicas especialmente eficaces desde el punto de vista ambiental por su menor consumo de recursos y/o impacto ambiental, y que son viables en el ámbito técnico y económico para cualquier industria afectada por la Ley IPPC.

En comparación con otras técnicas disponibles empleadas para realizar una determinada operación o práctica en una instalación industrial, una MTD debe suponer un beneficio ambiental significativo en términos de ahorro de recursos y/o reducción del impacto ambiental producido.

Una vez superado este primer requisito, la MTD debe estar disponible en el mercado y ser además compatible con la producción de alimentos de calidad, inocuos y cuya fabricación no supongan un mayor riesgo laboral o industrial (escasa productividad, complejidad, etc.). Se debe de tener en cuenta que en el caso de la industria agroalimentaria, la seguridad alimentaria es criterio prioritario sobre la protección del medio ambiente.

Finalmente, una técnica no podría considerarse MTD si fuera económicamente inviable para una industria. La adopción de MTD por parte de una instalación no debería suponer un coste tal que pusiera en riesgo la continuidad de la actividad.

En este sentido, es conveniente recordar que algunas MTD que pueden resultar técnica y económicamente viables para instalaciones de nueva planta, pueden no serlo en el caso de instalaciones existentes.

Elaboración de la guía

Antes de mencionar los aspectos más importantes que han caracterizado la elaboración de la “Guía de MTD en España del sector de elaboración de malta”, es conveniente introducir, en líneas generales, la

evolución que han seguido los trabajos de determinación de MTD a nivel europeo, así como los actores que han participado en este proceso, y cuyos resultados se han materializado en una serie de documentos de referencia sobre mejores técnicas disponibles, denominados BREF, (acrónimo de Best available technology REference document).

La Comisión Europea, de acuerdo con el artículo 16.2 de la Directiva IPPC y a través de un organismo europeo, concretamente el Institute for Prospective Technological Studies (IPTS) con sede en Sevilla, coordina unos grupos de trabajo en los que se están acordando las MTD europeas en cada uno de los sectores industriales afectados por la Directiva IPPC. El resultado de estos trabajos son los BREF, en los que se incluye para cada uno de los sectores afectados, información general del sector industrial, una descripción de las operaciones y técnicas aplicadas y los principales aspectos ambientales asociados, los niveles de consumo y emisión característicos, las técnicas a considerar en la determinación de las MTD, las propias MTD y un capítulo de técnicas emergentes.

Las MTD europeas integradas en los documentos BREF son aprobadas para cada actividad industrial por la Comisión Europea, tras un proceso de supervisión a cargo del Foro de Intercambio de Información, en el que intervienen autoridades ambientales de los países de la UE, expertos de los sectores industriales y ONGs.

El papel principal en la elaboración de un documento BREF lo juegan los TWGs (Technical Working Groups) o grupos técnicos de trabajo específicos que se constituyen para cada documento sobre MTD. En estos grupos están representados todos los estados miembros de la UE así como otros agentes interesados.

El documento BREF en el que se encuentran reflejadas las instalaciones del sector maltero es el *Reference Document on Best Available Techniques in the Food, Drink and Milk Industry*³:

La presente guía sobre MTD en el sector de elaboración de la malta toma como punto de partida este BREF, adaptándolo a la casuística de la industria española pero atendiendo a las pautas marcadas en aquél, para armonizar la situación técnica y ambiental del sector de elaboración de la malta español dentro del contexto legal europeo observado en la *Directiva codificada 2008/1/CE*.

Este documento ha sido elaborado por la asociación industrial del sector maltero, *Malteros de España*, la cual ha seleccionado a *Ainia Centro Tecnológico* para la redacción técnica del mismo. En el desarrollo de la guía también ha colaborado activamente en tareas de revisión y mejora de contenidos un Comité Técnico Sectorial, compuesto por expertos del sector y seleccionados por la propia asociación industrial. Adicionalmente, tanto la Administración estatal como las autonómicas también han participado en labores de revisión y mejora. Finalmente, todos estos agentes han sido coordinados y apoyados por representantes del Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino y del *Centre d'Activitat Regional per a la Producció Neta* (CAR/PL).

La participación de la asociación industrial y las empresas ha sido uno de los aspectos clave para conseguir que los documentos reflejen la realidad del sector en España. Una realidad forzosamente cambiante a corto plazo, ya que cada centro productivo es un elemento dinámico en constante evolución, obligado a adaptarse a las múltiples circunstancias de carácter legal, tecnológico, económico, etc. para garantizar su desarrollo en un entorno altamente competitivo.

Por estos mismos motivos, además de por el hecho de que la AAI debe ser renovada periódicamente, esta “Guía de Mejores Técnicas Disponibles en España del Sector de la Malta” se concibe como un documento abierto y dinámico, que debe ser actualizado periódicamente para recoger las transformaciones que a todos los niveles afectan al sector de elaboración de la malta, pero especialmente desde el punto de vista de la legislación y la tecnología ambiental, siendo estas las parcelas que más evolucionan en los últimos tiempos. De este modo, se dispondrá en todo momento de una herramienta que puede seguir siendo útil a sus destinatarios.

³ Disponible en; <http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm>

Capítulo 1.

Información general del sector en España

1.1. Descripción de la actividad

El proceso de malteado consiste en la germinación parcial y controlada de cereales, fundamentalmente cebada, que finaliza con un secado para obtener un producto denominado malta, que será posteriormente utilizado como materia prima para la elaboración de cerveza y whisky.

A pesar de que en la antigüedad se utilizaba directamente el grano de cereal para producir cerveza, existen referencias de procesos de malteado previo que se remontan a 2.500 años A.C.

Para entender la razón por la cual se maltea la cebada antes de su utilización en los mencionados procesos es necesario conocer previamente la estructura y composición del grano de cebada. En el grano podemos diferenciar tres estructuras principales (figura 1):

- el germen o embrión del que tras la germinación se generará la futura planta
- el endospermo, es la reserva de carbohidratos compuesto por almidón insoluble encargado de alimentar al embrión y la plántula durante la germinación.
- la cascarilla, que protege las dos estructuras anteriores.

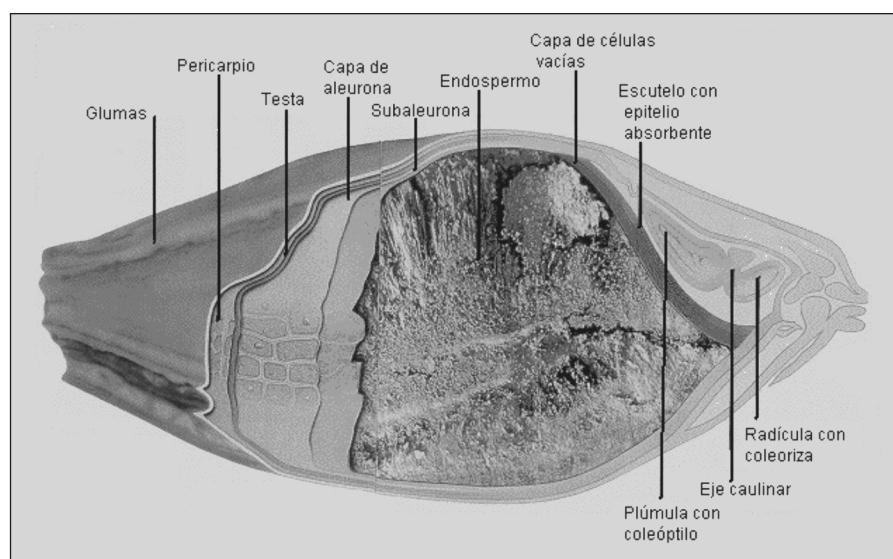


Figura 1.
Esquema de la semilla de cebada

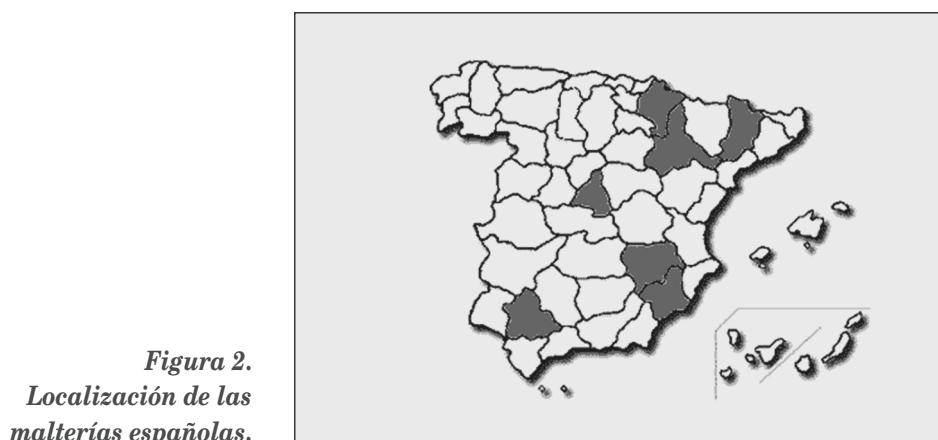
Cuando se inicia la germinación, el germen produce unas enzimas que transforman el almidón insoluble del endospermo en almidón soluble. En este momento, la germinación se detiene aplicando calor para evitar que el almidón soluble se desdoble en azúcares que serían utilizados como alimento para el embrión germinado. De esta manera, la malta contiene los carbohidratos y las enzimas necesarias para obtener el mosto fermentable en el proceso de cervecería.

Dado que la germinación de la cebada es un punto clave del proceso de malteado, la cebada utilizada como materia prima del proceso debe de tener un porcentaje muy elevado de germinación (superior al 98%)

La malta se utiliza para la elaboración de diversos tipos de cerveza y para la fabricación de bebidas espirituosas como el whisky. La malta además puede ser usada para elaborar diferentes alimentos como bebidas de malta sin alcohol, cereales para el desayuno, alimentos infantiles y alimentos para animales.

1.2. Estructura del sector

En España existen 5 empresas dedicadas a la actividad de maltería Intermalta, Cargill, Damm, Estrella de Levante y Zaragozana. Estas empresas disponen de un total de 7 instalaciones productivas o malterías ubicadas en: Madrid, Murcia, Sevilla, Navarra, Lérida, Zaragoza y Albacete.



Podemos diferenciar dos tipos de malterías, las que están ligadas a grupos cerveceros y las independientes, siendo estas últimas las que más están creciendo en los últimos tiempos.

Las malterías españolas están representadas por la Asociación Malteros de España, que a su vez forma parte de la asociación europea EUROMALT.

En 2004 la producción de malta fue de 448.000 toneladas, prácticamente en su totalidad utilizadas por el sector cervecero español. Sólo un pequeño porcentaje se dedica a la elaboración de whisky.

Tres empresas acaparan el 86% del total de la malta producida en España (Tabla 1).

Tabla 1. Principales empresas en España (Malteros de España, 2007)

Empresa	Producción (t/año)
Intermalta	215.000
Cargill España	90.000
Grupo Damm	70.000
Heineken	50.000

A nivel europeo, España es el quinto mayor productor de malta de la UE, tras Alemania, UK , Francia y Bélgica.

Tabla 2. Materias en Europa 2006 (Euromalt, 2007)

País	Número de empresas	Capacidad producción t
Austria	2	157.000
Bélgica	5	648.000
República Checa	27	521.321
Dinamarca	2	275.000
Finlandia	3	184.000
Francia	4	1.313.628
Alemania	57	1.960.000
Grecia	-	45.000
Hungría	3	136.000
Irlanda	2	125.000
Italia	2	64.015
Holanda	3	324.000
Polonia	6	316.000
Portugal	-	75.000
España	5	450.000
Suecia	2	190.000
Reino Unido	14	1.438.722
TOTAL	147	8.572.737

Las malterías realizan una actividad directamente relacionada con el sector primario de producción de cereales a través de productores, cooperativas, almacenistas, operadores comerciales y lonjas de contratación. La mayor parte de la cebada consumida en España para elaborar malta procede del país.

Alrededor de un 70% de las malterías dispone de sistemas de calidad ISO 9000 certificadas. Una maltería dispone de sistema de gestión medioambiental ISO 14001 certificado.

Capítulo 2.

Procesos y técnicas aplicadas

2.1. La malta

El proceso de malteado activa y desarrolla una serie de enzimas de tipo amilolítico (que son las encargadas de transformar el almidón presente en el grano en hidratos de carbono fermentables) y proteolítico (que actúan como precursoras de aromas y como nutrientes para las levaduras en fermentaciones posteriores).

A nivel comercial se producen dos tipos de malta: para las fábricas de cerveza y para las destilerías de whisky/whiskey. En ambos casos se usa cebada como materia prima principal, aunque también puede utilizarse otros cereales como el trigo o el centeno.

Existen diferentes especificaciones de producto que pueden conseguirse variando las condiciones de procesado, especialmente en las etapas de secado y tostado final: malta Pilsen, caramelo clara, caramelo oscuro, maltas especiales, etc.

Para la elaboración de 1L de cerveza se necesitan aproximadamente 130 - 150 g de malta.

Las variedades de cebada más utilizadas en el sector cervecero son: PRESTIGE, PEWTER y SCARLETT.

La mayor parte de la cebada utilizada como materia prima en España proviene del mercado nacional, cuya superficie cultivada es de 320.000 hectáreas y tiene una producción de 650.000 toneladas de cebada.

2.2. Proceso de elaboración de malta

A continuación se describe el proceso de elaboración de la malta que se realiza en las instalaciones españolas.

Antes de descargar la cebada en la instalación, se procede a realizar un control de calidad. Una vez realizada la descarga se somete el cereal a una limpieza preliminar grosera para eliminar elementos metálicos, piedras u otros elementos antes de su almacenamiento en silos. Este almacenamiento, que tiene una motivación fundamentalmente logística, también sirve para que el grano consiga superar el periodo de latencia (*dormancia*) necesario para que se pueda producir la germinación. Finalizada la etapa de almacenamiento, se procede a la selección y limpieza del grano a fin de conseguir un adecuado rendimiento del proceso y la calidad de malta deseada.

Una vez cumplidas estas etapas preliminares, en las que aún no se ha procedido a una modificación sustancial de la cebada, se inicia el proceso de malteado propiamente dicho. Este proceso comienza con la operación de *remojado* para aumentar la humedad del grano hasta alcanzar unas condiciones favorables para la *germinación*, operación que se desarrolla en condiciones de temperatura y humedad controladas. En este momento la cebada se denomina *malta verde*.

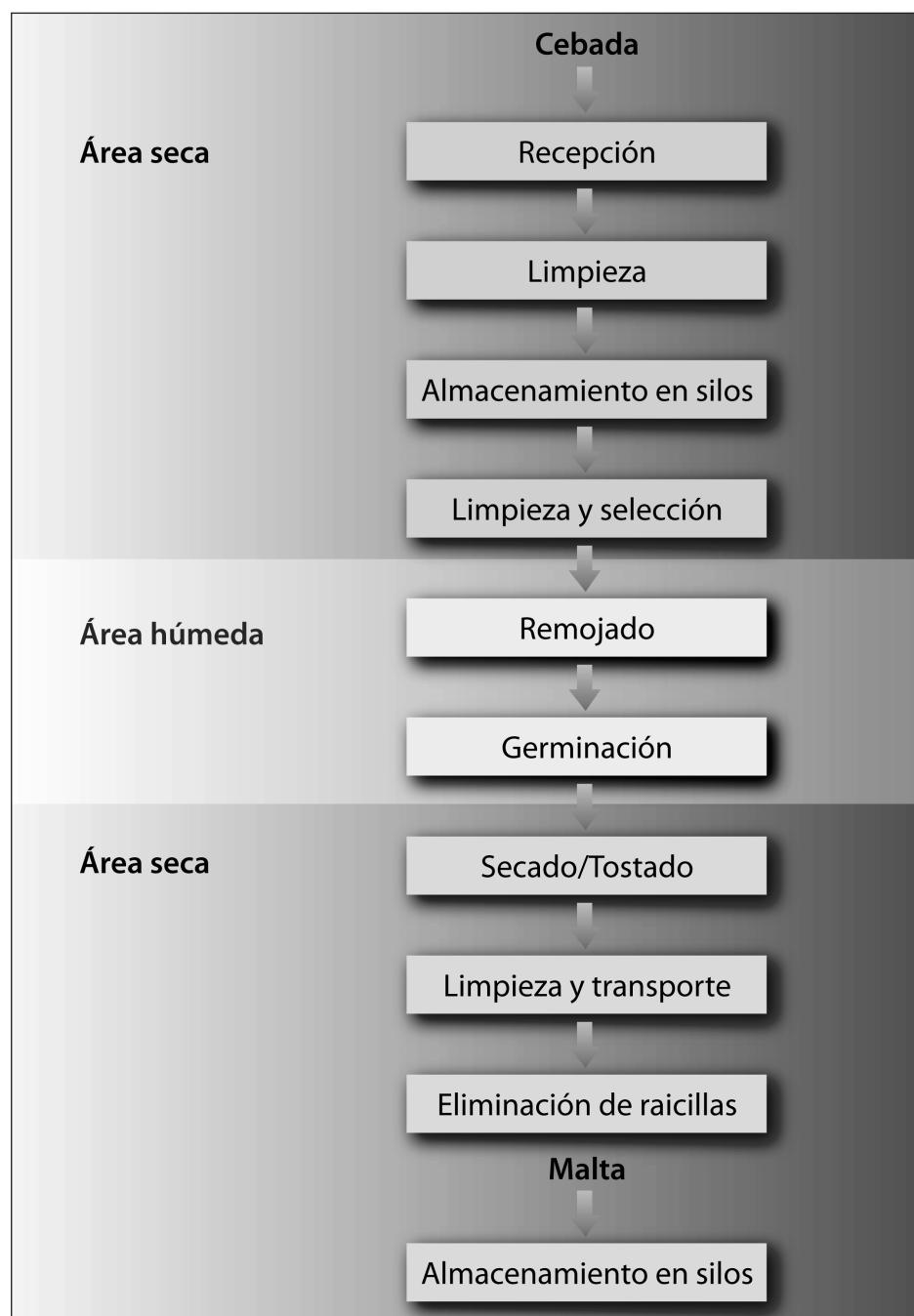
La germinación del grano se detiene cuando se le aplica calor y se reduce su humedad en la primera etapa del secado. En la segunda fase del secado, se procede a aumentar la temperatura hasta conseguir un tostado suave. Dado que la tostación produce cambios importantes en las propiedades organolépticas del

grano, es necesario tener un buen control del proceso para garantizar que la calidad de la malta acabada se ajusta a las especificaciones establecidas.

Por último se procede al *enfriamiento* de la malta, a la *eliminación de las raicillas* y a su almacenamiento en los silos de producto terminado.

En las instalaciones de una maltería se pueden distinguir dos zonas de procesado: el área seca y el área húmeda. En la primera, se realizan operaciones de almacenamiento transporte y limpieza de materiales secos (cebada, malta) y en la segunda se llevan a cabo operaciones en las que se utiliza agua y se maneja grano húmedo.

En la Figura 3, se muestra el diagrama de flujo del proceso.



2.2.1. Recepción y limpieza del grano

El grano que se recibe en camiones se descarga en tolvas situadas en el área de recepción. Las tolvas suelen estar situadas por debajo del nivel de descarga y disponen de unas rejillas superiores para evitar la entrada de sólidos gruesos.

El área de recepción suele tener una cubierta superior y un cerramiento lateral para evitar que el viento arrastre el polvo al exterior. En el caso de que el cerramiento sea total se habla de sistemas de descarga cerrados. En este caso, el aire interior se mantiene en depresión para evitar la emisión de partículas al exterior y la corriente de aire aspirada se pasa por elementos de eliminación de partículas como ciclones y/o filtros de mangas antes de su emisión al ambiente.

En sistemas semicerrados también se puede recuperar parte del polvo generado realizando una aspiración localizada en la zona de descarga. Al igual que en el caso anterior, el aire se pasa por elementos de eliminación de partículas como ciclones y/o filtros de mangas antes de su emisión al ambiente.

Para más información sobre las técnicas de almacenaje consultar el BREF horizontal “Emissions from Storage”.

2.2.2. Limpieza preliminar

Antes de su traslado a los silos de almacenamiento, es necesario proceder a la limpieza grosera del grano para evitar introducir elementos metálicos, piedras u otros elementos gruesos en su interior. Para ello se pueden utilizar diferentes equipos colocados de forma secuencial, como electroimanes, tamices de diferentes grosores o mesas densimétricas.

También se pueden eliminar en esta fase una parte de los sólidos finos si se aplica un venteo o cuando los sistemas de cribado son cerrados y disponen de sistemas de aspiración para mantener el circuito en depresión.

El transporte del grano hasta los silos se realiza utilizando sistemas en seco especialmente adaptados para evitar dañar el grano. Se pueden utilizar sistemas de cangilones, cintas transportadoras, tornillos sin fin, etc.

2.2.3. Almacenamiento

La cebada se almacena temporalmente en silos desde los que se va utilizando a medida que se necesita. Por tanto, parte del grano puede permanecer más de un año en los silos hasta que es procesado. Con las variedades comúnmente utilizadas en España y en nuestras condiciones climáticas, el periodo de *dormancia* de las semillas es corto.

El almacenamiento se realiza en condiciones de temperatura y humedad ambientales, y se suele aplicar tratamientos insecticidas para evitar que el desarrollo de plagas que echen a perder el grano.

Es necesario hacer una buena limpieza del grano y que su calidad sea la adecuada para evitar que durante el almacenamiento se puedan desarrollar enfermedades fúngicas o plagas.

Durante el almacenamiento en los silos el grano presenta una ligera actividad respiratoria que genera CO₂ y calor y que puede afectar negativamente a su calidad. Para reducir al mínimo esta actividad se introduce aire a baja temperatura.

2.2.4. Selección y limpieza

Antes de introducir la cebada en la zona húmeda de la instalación, deben retirarse todas aquellas fracciones que puedan provocar problemas en el procesado de la malta o que afecten a su calidad final como

finos, sólidos inorgánicos, granos partidos, etc. También se puede proceder a una selección de la cebada por tamaño, eliminando aquella que no llega al calibre establecido. Esta cebada de 2^a categoría se utiliza como subproducto, normalmente para alimentación animal.

2.2.5. Remojado

El objetivo de esta operación es aumentar el contenido de humedad del grano seleccionado hasta un 44% aproximadamente, para que pueda iniciarse el proceso de germinación. El remojado sirve además para lavar el grano y eliminar el material flotante.

El remojado de la cebada se lleva a cabo por inmersión completa de la masa de grano en tanques diseñados a tal efecto, de tipo cilindro cónico o de fondo plano. En esta operación se somete al grano a 2 o 3 inmersiones secuenciales. El remojado también se puede llevar a cabo por rociado del grano, si bien esta técnica está en desuso en España.

La operación de remojado tiene una duración media aproximada de un día y medio. Entre remojado y remojado, se drena el agua y se inyecta aire para eliminar “bolsas” de CO₂ y reducir la temperatura que se produce debido a la respiración del grano. La temperatura en el lecho de cereal oscila entre 10 y 26°C, y el grano aumenta su contenido en agua hasta el 30-50%. Tanto la temperatura de la masa de cereal como el contenido en humedad del grano al final del remojado pueden variar dependiendo del equipamiento disponible, los parámetros de proceso, la materia prima y las propiedades de la malta que se desea obtener.

El agua de remojo que se elimina en cada uno de estos ciclos suele contener polvo y restos de grano, principalmente.

2.2.6. Germinación

Como se ha comentado, el objetivo de la germinación de la cebada es iniciar el proceso biotecnológico natural de producción de enzimas (amilasas, hemicelulasas, proteasas y oxidases principalmente) que favorecen entre otras cosas la transformación del almidón presente en el endospermo.

Esta etapa dura aproximadamente entre 4 y 6 días y tiene lugar a una temperatura de entre 12 y 20°C. Cuando el embrión se hidrata, se activan los procesos de desarrollo de los tejidos embrionarios produciéndose la ruptura de la pared del embrión por el germen.

Durante la germinación se forman una serie de enzimas, siendo las principales:

- **Amilasas.**- Desdoblan el almidón. Son dos: la alfa amilasa y la beta amilasa.
- **Hemicelulasas.**- Desdoblan las hemicelulosas
- **Proteolíticas.**- Están agrupadas en dos grupos, las proteasas que desdoblan las proteínas complejas hasta el estado de polipéptidos y péptidos, y las peptidasas que desdoblan los péptidos hasta el estado de aminoácidos.
- **Fitasas.**- Que desdobra la fitina en fosfatos e inositol.
- **Oxidasas.**- Son enzimas del grupo respiratorio, se distinguen tres, las verdaderas oxidases que activan el oxígeno molecular, las peroxidases que activan sólo el oxígeno de los peróxidos y la catalasa que desdobra el peróxido de hidrógeno.
- **Betaglucanasas.**- Son enzimas que hidrolizan los betaglucanos.

Una vez que los granos de cebada han adquirido la humedad adecuada en la fase de remojo se extienden en cajas rectangulares formando capas de un metro de espesor aproximadamente. Estas cajas tienen sis-

temas de inyección de aire en su parte inferior, a través de los cuales se aporta el oxígeno necesario para que el grano pueda respirar durante el proceso. Para conseguir una buena germinación del grano es necesario regular la temperatura y humedad en las cajas. El ajuste de estos parámetros se lleva a cabo mediante la inyección de aire acondicionado con una humedad y una temperatura controladas.

En las condiciones en que se mantienen las cajas de germinación, las amilasas del grano provocan la hidrólisis de las moléculas de almidón, dando lugar a azúcares fermentables. De esta forma, el cereal libera las enzimas que se necesitarán en la maceración y la fermentación posteriores. Este proceso lleva consigo el desarrollo de raicillas y plántulas en el grano, si bien estas últimas no suelen llegar a hacerse visibles.

La temperatura óptima de este proceso es 12°C a 20°C, con una duración aproximada de 5 días. Las cajas de germinación tienen palas que remueven el grano para lograr homogeneidad en el proceso.

Durante la germinación se debe intentar minimizar las pérdidas de extracto por crecimiento y respiración, además de producir una malta equilibrada para que no se produzca exceso de color durante el secado.

2.2.7. Secado

Una vez alcanzado el momento adecuado de la germinación, la malta verde se somete a un proceso de tueste mediante aire caliente.

El objetivo del secado es detener el proceso de germinación, favorecer una buena conservación del grano al disminuirle el grado de humedad y conferirle el color y los aromas que van a determinar el tipo de cerveza a elaborar en el proceso posterior.

En la etapa de secado se reduce la humedad del grano hasta un 4 - 5% aproximadamente con lo que se detiene el proceso de germinación como consecuencia de la desactivación temporal de las enzimas que intervienen directamente en la transformación del almidón y las proteínas. El tiempo de aplicación y la intensidad del calentamiento a que se somete el grano, determinarán el futuro color y las propiedades organolépticas de la cerveza que se obtenga en etapas posteriores.

En este sentido, para garantizar una temperatura y un grado de secado homogéneos en toda la masa procesada es necesario mezclar bien los granos. En el proceso se pueden distinguir dos etapas, la de secado y la de tostado, y se realiza en hornos/secaderos de uno o dos pisos con entrada de aire por la parte inferior. El secado suele durar entre 18 y 30 horas en el caso de hornos de un solo piso, y entre 32 y 48 horas si los hornos utilizados son de dos pisos. En función del tiempo y temperaturas empleados en las etapas de secado y tostado, se logran maltas pálidas (Pale Ale, Lager y Pilsen), maltas de alto horneado (Viena, Munich y Aromatic) y tostadas (como las Biscuit, Victory, Chocolat y Black Patent) en orden creciente de temperatura.

2.2.8. Eliminación de raicillas (desgerminación)

Después del secado es necesario enfriar la malta hasta los 25 ó 35° C y separar las raicillas y esporádicamente los brotes que han empezado a desarrollarse en la etapa de germinación. La separación de las raicillas del grano se lleva a cabo mecánicamente por frotación de los granos. Posteriormente, las raicillas y en su caso los brotes son eliminados de la masa de grano por cribado y aspiración. Las raicillas constituyen un subproducto valioso por su elevado contenido en proteínas que los hace especialmente indicados para alimentación animal.

2.3. Operaciones auxiliares

Para el correcto funcionamiento de una maltería, al igual que para muchas otras industrias agroalimentarias, es muy importante la existencia de plantas de servicios auxiliares. Se describen aquí los servicios

auxiliares que pueden tener algún tipo de repercusión sobre el medio a través de los aspectos ambientales que generan.

- sala de calderas
- centro de suministro eléctrico
- sala de frío
- planta de depuración de aguas residuales
- mantenimiento de equipos, instalaciones y servicios
- peletización de subproductos

2.3.1. Sala de calderas

Las calderas que generan la energía térmica necesaria para las operaciones de proceso se suelen instalar en salas independientes desde donde se reparte con un sistema de tuberías aisladas hasta los puntos de consumo de la instalación. El fluido térmico puede ser vapor de agua, agua caliente, agua sobrecaleñada, aire o aceite térmico.

La tecnología de caldera a utilizar en cada caso dependerá del tipo de fluido térmico y de los requerimientos de caudal y presión en los puntos de consumo.

Las necesidades térmicas de la instalación también pueden ser cubiertas con el aprovechamiento de la energía térmica generada en una planta de cogeneración.

En España todas las malterías utilizan gas natural como combustible habitual en las calderas de generación de vapor.

La sala de calderas puede ser sustituida por sistemas de secado indirecto tipo ANOX.

2.3.2. Sala de frío

La refrigeración se suele realizar de forma indirecta empleando un refrigerante secundario (frecuentemente agua glicolada) que se enfriá en una unidad central (normalmente con amoniaco) y desde allí se conduce hasta los puntos de consumo, en los que se enfriá la corriente de aire que entrará en contacto con el grano por medio de intercambiadores de calor. La mayor parte del frío generado se invierte en controlar la temperatura de la etapa de germinación.

2.3.3. Separación de partículas

En las operaciones de limpieza, almacenaje y transporte de la cebada, se producen partículas de polvo debidas al rozamiento de los granos. Generalmente, estas operaciones se llevan a cabo en equipos o recintos cerrados en los que es posible aspirar el aire interior y conducirlo hasta sistemas de separación de partículas.

Los sistemas de separación de partículas más utilizados son los filtros de mangas y los ciclones.

Filtros

Los más utilizados son los filtros de mangas que están formados por un tejido en forma cilíndrica o de saco a través del cual se hace pasar el aire. Los gases atraviesan el tejido mientras que las partículas quedan retenidas en la superficie de la manga. Las partículas retenidas se retiran aplicando agitación mecánica o pulsos de aire en sentido inverso al flujo de filtración. El material filtrante se selecciona en función del tipo y tamaño de las partículas.

Los filtros de mallas retienen partículas de hasta 0,1 mm., aunque la propia capa formada por las partículas retenidas hace que se puedan recoger partículas más pequeñas. El rendimiento máximo de los filtros de mangas es del 99,9 % para partículas de más de 0,1 mm.

Como ventajas presentan una gran capacidad de filtración (500 - 350.000 m³/h) y son muy eficaces en relación a la pérdida de carga producida. Sin embargo, no son adecuados cuando la temperatura o la humedad del aire a depurar son elevadas, o cuando los gases contienen grasas.

La relación de filtración de cada filtro depende tanto de sus características (tipo de tejido, mecanismo de limpieza) como de las características de las partículas. Se expresa en volumen de aire depurado frente a superficie de filtro para un tiempo determinado. Esta relación suele oscilar entre 0.5-1.2 m³/m²·min.

Ciclones

Los ciclones son equipos que separan las partículas del aire mediante decantación centrífuga. El aire se introduce en el ciclón de forma axial o tangencial y es obligado a seguir una trayectoria en forma de espiral que hace que las partículas, cuya masa es superior a la del aire, sean empujadas hacia el exterior del flujo chocando con la cara interior de la pared cilíndrica del ciclón. Las partículas se van decantando y se recogen en la base inferior del ciclón que tiene forma de cono invertido. Los gases sin partículas salen por la parte superior del ciclón.

Los ciclones tienen una capacidad de filtración muy elevada y tienen menores limitaciones que los filtros de mangas en cuanto a la temperatura y humedad de los gases que pueden depurar. Sin embargo, tienen un porcentaje de eliminación de partículas menor que los filtros de mangas. Este porcentaje de eliminación depende del diseño del ciclón y varía en función del tamaño de las partículas. En la tabla siguiente se presentan datos típicos de retención de partículas en dos tipos de ciclones y para distintos rangos de tamaño de partícula.

Diámetro de las partículas (mm)	Ciclón convencional	Ciclón de alta eficiencia
Inferior a 5	Inferior a 50%	50 - 80%
5 - 20	50 - 80%	80 - 95%
15 - 40	80 - 95%	95 - 99%
Superior a 40	95 - 99%	95 - 99%

2.3.4. Centro de suministro eléctrico

La mayoría de las instalaciones utilizan la electricidad suministrada por la red de abastecimiento público. Hay también plantas que disponen de instalaciones de cogeneración, para la producción simultánea de energía eléctrica y térmica.

2.3.5. Planta de depuración de aguas residuales

La depuración de las aguas residuales puede realizarse en la propia instalación o en instalaciones externas, como las depuradoras municipales, mancomunadas o de los polígonos industriales. Por tanto, no existe un sistema de depuración universal aplicable a las todas las malterías. Sin embargo, por las características comunes que presentan estos efluentes se pueden describir aquí las operaciones de depuración que suelen ser comunes a casi todas ellas, y que se describen a continuación.

Tamizado

Las aguas residuales generadas por las malterías pueden presentar sólidos finos consistentes en granos enteros o trozos de cereal, así como cascarillas desprendidas de los granos por fricciones o golpes. Por ello, cuando el agua residual llega a la cabecera de la depuradora suele ser necesario un tamizado que elimine los sólidos de forma que no afecten el correcto funcionamiento de los equipos posteriores.

Homogeneización

Dada la gran variabilidad diaria existente en los vertidos en cuanto a caudal y características químicas, es conveniente disponer de un sistema de homogeneización que permita laminar los vertidos puntuales generados a lo largo de la jornada y mantener dentro de lo posible una concentración regular de los parámetros para los que fue diseñada la planta. La homogeneización puede coincidir con una etapa de aireación.

Sistema biológico

Los sistemas biológicos se presentan como la alternativa más adecuada y utilizada para la reducción de la carga orgánica de los efluentes de las industrias productoras de malta.

Se pueden utilizar los sistemas anaerobios y/o aerobios, aunque normalmente se emplea el sistema aerobio.

- *Sistema aerobio.* El principio básico del tratamiento aerobio de la materia orgánica es la conversión de la fracción biodegradable en CO_2 y fangos (biomasa). La conversión se lleva a cabo con aporte de oxígeno al reactor, ya sea mecánicamente o por difusión del aire atmosférico. Los sistemas aerobios trabajan con cargas orgánicas más bajas que los anaerobios por lo que se suelen colocar a continuación de estos.

El método más común y versátil para el tratamiento de aguas de proceso es el de fangos activados, del que existen numerosas variantes. Generalmente, estos reactores van seguidos de una balsa de decantación donde se realiza la doble función de sedimentar y purgar los fangos producidos y de recircular una fracción de éstos hacia el reactor biológico para compensar las pérdidas de biomasa que se van produciendo.

Otros sistemas desarrollados recientemente como los *airlift reactors* permiten cargas volumétricas mucho mayores ya que trabajan con altas concentraciones de fango granular. Además, debido a la mayor edad del fango se pueden obtener mejores resultados de nitrificación en el proceso. En ocasiones, este sistema debe ir acompañado de un sistema de flotación de sólidos DAF (*flotación por aire disuelto*) que asegure la eliminación de sólidos en el efluente.

- *Sistema anaerobio.* En este caso, la degradación de la materia orgánica se desarrolla en ausencia de oxígeno, transformándose en CH_4 y CO_2 . El sistema anaerobio se emplea para efluentes con alta carga orgánica, genera mucha menos cantidad de fangos y permite obtener un biogás utilizable como combustible en la instalación.

De entre los múltiples diseños de sistemas anaerobios se pueden destacar dos tipos:

El sistema UASB (*sistema anaerobio de manto de fango de flujo ascendente*) es un sistema de amplia implantación en la industria agroalimentaria. En estos sistemas el agua residual se introduce por la base del reactor atravesando en flujo ascendente una densa biomasa granular que se encuentra en suspensión dentro del reactor. En la parte superior existe un separador que permite separar las tres fases generadas durante el proceso de digestión anaerobia de parte de la materia orgánica contenida en el agua residual (agua residual, fango granular y biogás). En estos sistemas se obtienen cargas volumétricas de 5-15 kg DQO/m³·d

Para el tratamiento anaerobio de las aguas residuales se está empleando cada vez con más frecuencia los reactores de circulación interna (*IC reactors*). Estos reactores se diferencian de los UASB por presentar dos zonas hidráulicas bien definidas que favorecen la separación del efluente y por emplear el biogás para

producir la agitación necesaria para el proceso (airlift). Los reactores de circulación interna admiten cargas orgánicas muy elevadas, en el rango de 15-30 kg COT/m³.d.

Los sistemas anaerobios pueden combinarse con una instalación de recuperación y depuración del biogás generado para ser utilizado como combustible. La depuración del biogás consiste fundamentalmente en la eliminación del agua y del sulfhídrico (H₂S). Para eliminar el sulfhídrico existen diversos métodos químicos y biológicos.

En caso de que no se aproveche el biogás, se debe disponer de una instalación para su incineración en an-torcha.

Tratamiento de fangos

El tratamiento de los fangos producidos en los sistemas biológicos depende de su composición química. Las operaciones de tratamiento más comunes a las que se someten los fangos son: Concentración, Digestión, Acondicionamiento, Deshidratación, Incineración y Evacuación. Normalmente este ciclo de tratamientos no se realiza en toda su extensión debido a condicionantes económicos o de espacio. En general la empresa generadora del fango suele limitarse al espesamiento o deshidratación delegándose el resto de la gestión del residuo a terceros.

2.3.6. Mantenimiento de equipos, instalaciones y servicios

El mantenimiento de los equipos e instalaciones es imprescindible para asegurar el correcto funcionamiento del conjunto de la instalación.

En el mantenimiento de las instalaciones de las malterías se generan los residuos típicos de cualquier instalación industrial como chatarras, aceites usados, grasas, lubricantes, tubos fluorescentes, baterías, residuos de envase, etc.

2.3.7. Peletización de subproductos

Las raicillas, polvo y cebada de 2^a categoría recogidas en las distintas fases de proceso se pueden pelletizar para facilitar su manipulación, aumentar su valor comercial y prevenir la formación de polvo durante las operaciones de carga, transporte y descarga en destino. Para ello, las partículas se humedecen, generalmente con vapor, y se introducen a presión en los orificios del pelletizador que logra unir y compactar el material en forma de pellets. Posteriormente, los pellets se introducen en secaderos donde se secan y se enfrián, generalmente utilizando una contracorriente de aire. Finalmente los pellets se almacenan en bolsas o tolvas hasta su expedición.

2.3.8. Tratamiento de agua de proceso

Algunas instalaciones deben de proceder a acondicionar el agua de suministro (de procedencia subterránea, superficial o de red) para adecuar su calidad a las exigencias técnicas en las distintas etapas del proceso. El tratamiento necesario dependerá pues de las características del agua de abastecimiento y de la calidad del agua final requerida.

Un tratamiento básico puede incluir filtrado, desinfección y almacenamiento, mientras que en otros casos puede incluir también descalcificación, desionización o filtrado con carbón activo.

Desde el punto de vista medioambiental, la eliminación de sales es la operación más relevante del proceso de tratamiento de agua de proceso, debido al consumo de energía y a la generación de un flujo residual de agua con elevada conductividad. Existen tres tecnologías principales para la desionización:

- **Intercambiador de iones:** Las columnas de intercambio catiónico retienen los cationes del agua, mientras que las aniónicas retienen aniones. En ambos casos existen resinas de tipo fuerte y débil. Las primeras operan a cualquier valor de pH, su capacidad de intercambio es limitada y su regeneración es menos eficaz e implica un alto costo de regenerante, mientras que las resinas débiles tienen un mayor poder de intercambio y su regeneración es casi estequiométrica (con un mínimo de exceso de regenerante), sin embargo operan en un rango de pH limitado y no captan todos los iones. La elección de la resina depende de los iones que se quieran eliminar.
- **Ósmosis inversa:** La desionización mediante ósmosis inversa se basa en la semipermeabilidad de ciertas membranas que permiten, bajo el efecto de la alta presión, el paso del agua pero no el de las sales, microorganismos e impurezas orgánicas debido a su mayor tamaño. Del agua original se obtienen dos corrientes, una pobre en sales llamada permeado y otra, concentrada en sales e impurezas llamada concentrado. El rendimiento del permeado obtenido depende del tipo de agua de entrada. Para aguas duras el rendimiento es menor.
- **Electrodiálisis:** La electrodiálisis es un sistema de separación de iones que utiliza membranas selectivas y que funciona al aplicar una diferencia de potencial a ambos lados de las mismas. Los cationes y aniones del agua son atraídos hacia cada una de las membranas por la acción de un campo eléctrico generado por una corriente eléctrica directa.

2.4. Limpieza y desinfección

La limpieza y desinfección es una operación auxiliar de suma importancia, ya que gracias a ella se alcanzan los niveles higiénicos requeridos para garantizar la seguridad alimentaria de la malta. Además de criterios higiénicos, la limpieza y desinfección debe ser compatible con los requisitos de calidad exigibles al producto final y con la seguridad de los trabajadores. Desde el punto de vista medioambiental, esta es una de las operaciones más importantes de la instalación tanto debido a los consumos de agua, energía y productos químicos como en la generación de aguas residuales y residuos.

En las malterías se pueden distinguir dos tipos de sistemas de limpieza, la limpieza en seco y la limpieza con agua.

La limpieza en seco se utiliza en las áreas donde se realizan tareas “en seco”, tales como recepción y limpieza del grano, el almacenamiento, el secado/tostado, etc. Puede realizarse de forma programada o no programada con cepillos o escobas o con sistemas centralizados.

La limpieza con agua se utiliza en zonas de la instalación donde se realizan operaciones como el remojado y germinación. Como los equipos empleados en la industria maltera son por regla general abiertos y de fácil acceso, suelen limpiarse de forma manual utilizando agua, productos clorados, y en algunos casos agentes detergentes. En los equipos cerrados pueden emplearse sistemas de limpieza semiautomáticos.

Capítulo 3.

Niveles actuales de consumo y emisión

En este capítulo se ofrecen cifras indicativas de los valores de consumo de los recursos más característicos en la industria de producción de la malta. Se indican asimismo los valores de los parámetros de emisión más representativos del sector, en particular los asociados a la generación de residuos, aguas residuales y emisión de gases. En cada apartado de este capítulo se hará también mención a los aspectos del proceso que tienen mayor incidencia en cada uno de los aspectos ambientales que se tratan.

Los principales recursos consumidos en el proceso de elaboración de la malta son el agua y las energías eléctrica y térmica.

Los aspectos ambientales más significativos asociados a emisiones son la generación de aguas residuales y de residuos en su mayoría orgánicos y por tanto biodegradables. También se tratan aquí las emisiones atmosféricas y la generación de ruido, si bien a efectos de contaminación estos dos últimos aspectos tienen una menor relevancia que los mencionados previamente.

Los valores cuantitativos que se presentan han sido facilitados por las instalaciones productivas pertenecientes a 3 industrias malteras mediante la cumplimentación de un cuestionario diseñado específicamente para la elaboración de la presente guía. Por lo tanto se trata de valores actualizados, típicos de las plantas productivas españolas, aunque deben considerarse únicamente como orientativos del sector español, ya que existen multitud de variables que pueden influir en el orden de magnitud de los parámetros cuantificados en cada instalación productiva individual. Todos los valores están expresados como ratio de consumo/emisión referidos a la unidad de producción, en este caso una “tonelada de malta producida”.

En la figura 4 se muestra un balance de entradas y salidas global que resume en términos generales los valores de consumo y emisiones que se pueden registrar con más frecuencia en las malterías españolas para el proceso de elaboración de una tonelada de malta.

3.1. Aspectos ambientales en las industrias malteras

Antes de entrar a comentar en los próximos apartados los aspectos ambientales individualmente y sus niveles típicos de consumo o emisión, es conveniente tener una visión global de los aspectos frente a las etapas u operaciones productivas donde habitualmente pueden encontrarse impactos ambientales asociados.

Se muestra a continuación una tabla resumen donde se vincula cada uno de los aspectos identificados con las operaciones unitarias que están más involucradas en la generación de impactos ambientales que pueden considerarse importantes.

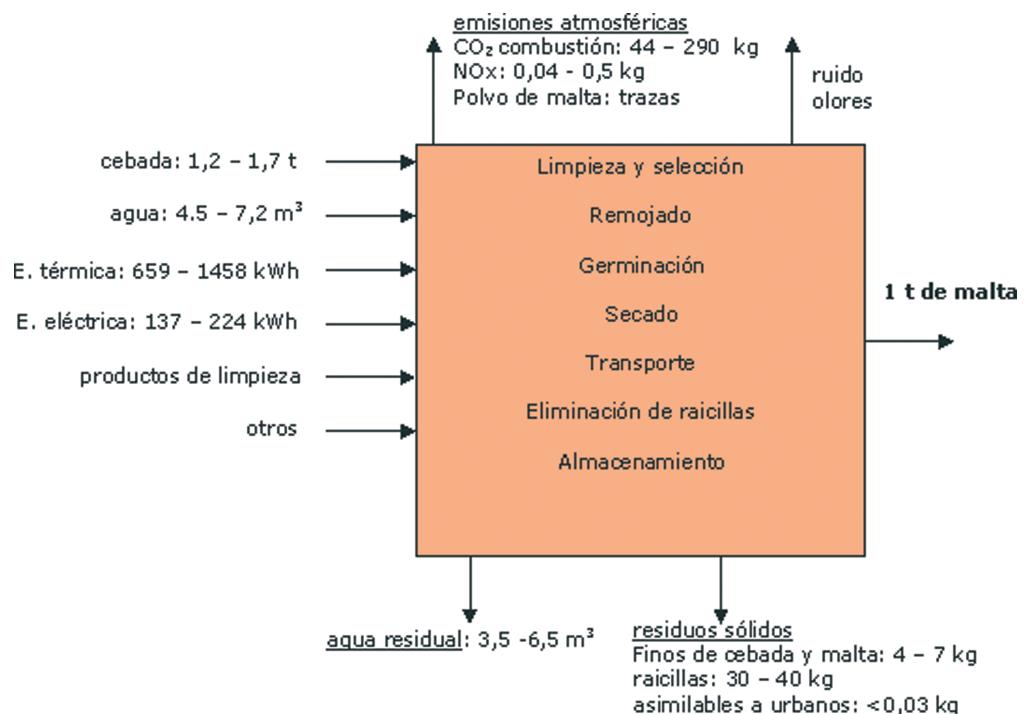


Figura 4. Balance general para la fabricación de 1 t de malta

Tabla 3. Resumen de los consumos significativos y operaciones donde se producen

Consumo	Operación
Consumo de materiales	Mantenimiento de equipos e instalaciones
	Mantenimiento de equipos e instalaciones
Consumo de agua	Remojado
	Germinación
	Acondicionamiento de aire
Consumo de energía térmica	Secado
	Tratamiento de agua de proceso
	Tratamiento de aguas residuales
	Limpieza y transporte
Consumo de energía eléctrica	Remojado
	Germinación
	Secado
	Producción de aire frío

Tabla 4. Resumen de los aspectos ambientales significativos y operaciones donde se producen

Aspecto ambiental	Operación	Tipo de aspecto/Parámetro contaminante
Generación de aguas residuales	Mantenimiento de equipos e instalaciones	DQO, SS, N, P, pH,
	Remojo	DQO, SS, N, P, pH
	Germinación	DQO, SS, N, P, pH
Generación de residuos	Eliminación de raicillas y finos de malta y cebada	Raicillas, cascarillas
	Limpieza de equipos e instalaciones	Envases, restos de productos de limpieza y mantenimiento
	Limpieza, Limpieza intermedia y cribado	Piedras, finos, restos vegetales
Emisiones atmosféricas	Planta de depuración de aguas residuales	Lodos de depuración, sólidos del tamizado
	Recepción y almacenamiento de materiales	Partículas de polvo
	Limpieza y transporte de la malta	Partículas de polvo de cebada y malta
	Sala de calderas	Gases de combustión

3.2. Niveles de consumo

3.2.1. Materiales

La cebada es el principal ingrediente en la fabricación de la malta, si bien la cantidad de agua que se consume para fabricar una tonelada de malta es superior a la de cereal.

El consumo de cebada en las fábricas de malta españolas oscila entre 1,2 y 1,7 t cebada/tonelada de malta producida

Tanto la recepción de la materia prima como la expedición del producto terminado (malta) son a granel, por lo que no se utilizan ni se generan materiales de envase por estos conceptos.

Para las actividades auxiliares como la limpieza y mantenimiento de instalaciones, la depuración de aguas residuales, el tratamiento de agua, etc., que son comunes a la mayoría de instalaciones industriales, se utilizan pequeñas cantidades de materias auxiliares como productos de limpieza, aceites, aditivos químicos, etc.

3.2.2. Agua

El agua es indispensable para la producción de la malta al implicar una germinación controlada de semillas. Pero además de ser la materia prima mayoritaria del proceso de malteado, el agua es una sustancia imprescindible para el funcionamiento de gran número de operaciones.

Los principales consumos de agua en la elaboración de malta se dan en las siguientes operaciones:

- remojado del grano
- germinación
- limpieza de equipos e instalaciones
- refrigeración y calefacción
- servicios sanitarios

Las operaciones en las que se consume la mayor cantidad de agua son el remojado (entre un 60 y un 75%) y la germinación (entre un 4 y un 10%) por orden de consumo. El remojado es especialmente relevante a este respecto, pues implica la absorción de agua por parte del grano hasta alcanzar alrededor de un 50% de su peso en agua. En la fase de germinación, el agua se emplea para humidificar el ambiente de tal forma que sea el óptimo para favorecer el proceso, y en ciertos casos para modular la temperatura del aire de entrada.

Para ambos procesos se emplea agua potable, no siendo usual que la industria maltera cuente con sistemas de purificación o acondicionamiento del agua de proceso.

Otra operación relevante en lo que se refiere al consumo de agua es la de limpieza de equipos e instalaciones. En la industria maltera, la limpieza se suele realizar de forma manual tanto la de equipos como la de suelos o superficies exteriores.

En las instalaciones españolas el consumo total de agua está comprendido entre **4,5 y 7,2 m³/t** de malta. Estos valores incluyen el volumen total de agua de cualquier procedencia y destinada a cualquier uso, desde la empleada en el remojado de la cebada hasta la utilizada para baldeos de limpieza.

El consumo de agua en las malterías presenta una variabilidad considerable dentro del sector. Esta diferencia se debe principalmente a la distinta capacidad productiva de las instalaciones del sector, factor al que hay que unir otros determinantes tales como la tipología de los equipos asociados al proceso, el tipo de cebada empleada como materia prima y la calidad final de la malta que se pretende conseguir.

3.2.3. Energía

Al igual que ocurre con el consumo de agua, el consumo energético presenta una alta variabilidad dentro del sector de producción de la malta. Las causas de estas diferencias pueden atribuirse a los mismos factores que son la fuente de variabilidad asociada al consumo de agua, si bien en este caso, las condiciones climáticas existentes en el área geográfica de las industrias influyen notoriamente en las diferencias de consumo energético.

El consumo de calor en las industrias de producción de malta se restringe casi en su totalidad al proceso de secado del cereal, que tiene lugar en los secaderos dispuestos a tal efecto en los que la energía térmica se produce a través de la combustión de gas natural generalmente. El consumo de frío se limita en su mayor parte a la operación de germinación, en la que el aire se acondiciona para regular la temperatura y humedad del proceso. El frío se produce a través de sistemas accionados eléctricamente.

El consumo de energía térmica presenta cierta variabilidad situándose los niveles de consumo entre 650 y **1500 kWh/t**. Generalmente, las instalaciones más pequeñas presentan consumos de energía térmica

más cercanos al límite superior del rango. En general, la eficiencia energética de las instalaciones pequeñas es considerablemente menor que en las grandes. Asimismo, como se indicaba anteriormente, el tipo de producto a obtener condiciona en gran medida el consumo de energía térmica, al ser los tiempos y temperaturas de secado asociados a la producción de una determinada categoría de malta significativamente distintos.

En lo que respecta a la energía eléctrica, los niveles de consumo se sitúan en el rango **130-225 kWh/t**.

La operación en la que más energía eléctrica se consume es el secado (alrededor de un 45% del consumo eléctrico), seguida de la generación de frío (un 20%), germinación y transporte del grano. En la refrigeración se tienen cuenta asimismo los bombeos necesarios para transferir el fluido refrigerante al área de intercambio calorífico.

No hay que olvidar otras operaciones realizadas a temperatura ambiente que también son consumidores de energía eléctrica a menor escala. Entre ellas cabe mencionar los consumos atribuidos a la operación de la planta de tratamiento de aguas residuales y los asociados a la aspiración y filtrado de polvos de cereal y malta que se llevan a cabo en la recepción de la cebada, durante el almacenamiento de la malta, y en las distintas limpiezas que se hacen en las instalaciones.

3.3. Niveles de emisión

3.3.1. Agua residual

El volumen de agua residual que se genera en las instalaciones malteras corresponde al agua total consumida descontando el volumen que se evapora durante el proceso de secado de la cebada germinada.

El volumen total de agua residual vertida en los centros productivos españoles oscila entre **3,5-6,5 m³/t**. Este amplio rango de emisiones está relacionado directamente con el diferente nivel de consumo de agua que se observa entre industrias del sector.

Realizando un balance estimativo entre el volumen de agua consumida y el volumen de agua residual vertida, se observa que existe un volumen de agua entre 0,7 y 1 m³/t malta que no abandona la instalación como efluente residual. La práctica totalidad de esta agua es emitida a la atmósfera en forma de vapor.

La mayor parte del volumen del agua residual producido en una maltería se genera en las operaciones de remojado, germinación y limpieza de equipos. El agente contaminante característico del agua residual generada en las operaciones de remojado y germinación es la materia orgánica solubilizada, proveniente del contacto cebada-agua. Las operaciones de limpieza de equipos e instalaciones generan flujos de agua residual con una cierta carga contaminante debido al arrastre de materia orgánica y la presencia de sustancias utilizadas como agentes de limpieza y desinfección. Los cloruros pueden tener su origen en el hipoclorito sódico utilizado en las operaciones de limpieza y desinfección. También pueden provenir de las salmueras usadas en la regeneración de las resinas de intercambio iónico para tratamiento de aguas. Hay que indicar, sin embargo, que por las características propias del proceso de malteado, el grado de ensuciamiento de las superficies de los equipos y conductos objeto de limpieza no es tan elevado como en otras industrias agroalimentarias.

En la Tabla 5 se muestran los valores característicos de carga contaminante de las aguas residuales de las malterías antes de su tratamiento de depuración. Los datos provienen de una encuesta realizada entre las empresas del sector en 2006 y posteriormente recopiladas por la Asociación Malteros de España.

Tabla 5. Valores característicos de la carga contaminante de las aguas residuales de elaboración de malta (Malteros de España, 2006)

Parámetro	Valor
DQO (mg O ₂ /l)	900-2400
Sólidos en suspensión (mg/l)	200 - 450
Nitrógeno Kjeldahl total (mg N/l)	15-40
Fósforo total (mg P/l)	5 -12
Cloruros (mg Cl ⁻ /l)	~400
DBO ₅ (mg O ₂ /l)	700 -2000

La característica más destacable de las aguas residuales de las malterías es su elevada carga orgánica y su alta biodegradabilidad, lo que favorece sus posibilidades de depuración mediante métodos biológicos. Presenta una pequeña fracción refractaria a la depuración biológica y una ligera coloración amarilla, como consecuencia de la disolución de colorantes naturales de las cubiertas de la cebada. Cabe destacar también la elevada variabilidad que presentan en cuanto a su composición química. A la inevitable variabilidad vinculada a las múltiples opciones de gestión y usos específicos del agua que se realizan en cada instalación, hay que añadir la variabilidad asociada a las características distintivas de la cebada que se emplea como materia prima y a la climatología del área geográfica de donde proviene el cereal.

Como características comunes de las aguas residuales de las malterías podemos señalar las siguientes:

- Volumen de generación elevado y variabilidad de caudal a lo largo de la jornada.
- Marcado carácter orgánico (elevada DQO y DBO₅).
- Biodegradabilidad elevada (DBO₅/DQO >0.6).
- Gran parte de la materia orgánica está en forma soluble.
- Presencia de sólidos en suspensión.

El grado de depuración de las aguas residuales antes de su vertido final también difiere considerablemente de unas instalaciones a otras, en consonancia generalmente con los estándares de calidad requeridos en cada caso para el punto final de vertido. Así, mientras algunas malterías necesitan disponer en la propia industria de sistemas de depuración completos que les permitan alcanzar altos niveles de calidad en las aguas residuales, otras solo necesitan sistemas de depuración sencillos ya que las aguas residuales son depuradas en una EDAR externa.

En la Tabla 6 se muestran los rangos de carga contaminante del vertido final (aguas abajo del correspondiente sistema de depuración) en las diferentes instalaciones encuestadas.

Tabla 6. Valores característicos finales de la carga contaminante de las aguas residuales de elaboración de malta (tras el depuración, en su caso) (Malteros de España, 2006)

Parámetro	Valor
DQO (mg O ₂ /L)	130-170
Sólidos en suspensión (mg/l)	10-20
Nitrógeno Kjeldahl total (mg N/l)	<10
Fósforo total (mg P/l)	1-5
DBO ₅ (mg/l)	10 -50
Cloruros (mg Cl-/l)	~250

3.3.2. Generación de residuos/subproductos

Como ocurre en la mayoría de industrias agroalimentarias, en las malterías se generan materiales residuales de carácter orgánico correspondiente a restos de las materias primas utilizadas en el proceso. En concreto, restos de cebada o malta que se van generando en distintas etapas del proceso, tales como grano no procesable, polvo, raicillas, etc. Algunas fracciones pueden ser consideradas como subproductos susceptibles de aprovechamiento para otras industrias o para alimentación del ganado.

Los finos de malta y el de cebada se recuperan en los filtros de mangas y ciclones utilizados para controlar las emisiones de partículas a la atmósfera y, dependiendo de sus condiciones de recogida, puede ser empleado por terceros como alimento para el ganado.

Las raicillas eliminadas de la cebada germinada presentan un alto valor nutricional y son empleadas, al igual que los finos, como alimento para el ganado.

Otro residuo orgánico generado en las malterías es el lodo de las depuradoras de aguas residuales. La opción de aprovechamiento más sencilla es su compostaje y posterior uso como abono o enmienda del suelo, siempre que no presente concentraciones de metales pesados por encima de los valores límite legislados. Este compostaje se realiza generalmente en instalaciones exteriores a la industria.

Asociado a la limpieza de la cebada se genera un residuo inerte constituido por piedras, y arenas de granulometría variable. Los volúmenes generados de este residuo son muy reducidos, hecho que unido a su carácter inerte los hace de fácil gestión por las industrias.

Las industrias malteras también generan cantidades reducidas de residuos asimilables a urbanos como cartón, plásticos, vidrio, madera, metálicos, etc. La mayor parte de estos residuos son envases o embalaje de las materias auxiliares que reciben las fábricas, así como residuos procedentes de la sustitución de equipos y piezas y las operaciones rutinarias de mantenimiento de equipos e instalaciones.

Por último, se generan pequeñas cantidades de residuos peligrosos derivados del mantenimiento de los equipos e instalaciones. Este tipo de residuos son los habituales en cualquier instalación industrial aceites usados, tubos fluorescentes, disolventes, residuos de envase peligrosos, etc.).

En la Tabla 7 se muestran los rangos de producción relativa de cada tipo de residuos, agrupados en cuatro categorías.

Tabla 7. Entidades de residuos generados por una instalación de fabricación de malta

Orgánicos/Subproductos	kg/t malta
Finos de malta	4,0 – 7,0
raicillas	30 – 40
Asimilables a urbanos	
Vidrio, Plástico, Cartón, Metal, Madera, etc.	<0,03
Otros	
tierra, piedras, etc.	<0,1
lodos de depuradora (humedad)	5,0 - 11,5 (~15% Hum.)
Peligrosos	
envases de productos peligrosos	<0,005
aceite industrial	<0,05
tubos fluorescentes	<0,005
Otros	~0,010

3.3.3. Emisiones atmosféricas

En las malterías pueden producirse distintos tipos de emisiones a la atmósfera cuyas características están bien definidas por el proceso que las genera.

Emisión de partículas

Los focos potenciales de emisión de partículas a la atmósfera en la industria malterera se encuentran localizados en las etapas de recepción, limpieza y transporte de la cebada y en las operaciones de transporte, eliminación de raicillas y almacenamiento de la malta.

La cebada que se recibe en las malterías contiene polvo generado por la fricción interna que la manipulación del cereal ocasiona. También se genera polvo en las etapas en las que se producen fricciones entre granos de cebada o malta, o entre los granos y las superficies de transporte o los equipos de limpieza. Los métodos de descarga y transporte de grano están especialmente diseñados para minimizar la generación de polvo y para reducir al mínimo los riesgos de explosión.

El polvo generado en estas operaciones se conduce mediante corrientes de aire o aspiración hasta los sistemas específicos de eliminación de partículas. Estos equipos suelen ser ciclones y/o filtros de mangas.

Gases de combustión

El principal consumo de energía térmica en la instalación se produce en el secado y tostación de la malta. En las malterías españolas el calentamiento del aire del tostador se hace de forma indirecta exclusivamente, empleando aire caliente como vector calorífico. Los elevados caudales de aire caliente requeridos se generan de forma indirecta mediante intercambiadores de calor que aprovechan los gases de combustión de motores, quemadores o calderas. Algunas malterías disponen de sistemas de cogeneración para la producción simultánea de electricidad y calor.

Los parámetros contaminantes característicos de los gases de combustión dependen en gran medida de la composición del combustible, como es el caso de las emisiones de SO₂. Otros parámetros están más relacionados con las condiciones en que se realiza la combustión, como es el caso del CO. Las emisiones de NOx suele ser función de ambos factores, es decir la composición del combustible y las condiciones operativas de la combustión. Las malterías españolas han apostado desde hace tiempo por el cambio a combustibles más limpios. Por ello, todas las malterías españolas utilizan gas natural como combustible principal. Las ventajas ambientales del gas natural frente a otros combustibles son claras, especialmente en lo concerniente a la emisión de partículas y compuestos de azufre, además de su mayor poder calorífico que repercute directamente en un mayor rendimiento energético.

Los rangos de emisiones característicos de la industria malterera se muestran seguidamente.

Tabla 8. Emisiones atmosféricas procedentes de los gases de combustión

CO ₂ de combustión (kg/t malta)	NOx (kg/t malta)	CO (kg/t malta)
44 - 290	0,04 - 0,5	0,007 - 0,05

Nota. Valores de emisión estimados a partir de factores de emisión publicados por la Agencia Europea de Medio Ambiente

En la tabla anterior se puede observar que el rango de valores de emisiones de CO₂ presenta una amplitud notable. Esta variabilidad está ligada directamente al distinto consumo y origen de energía térmica que presentan las empresas dentro del sector, que presenta asimismo unos valores límite que difieren en un orden de magnitud (**659-1458 kW/t**).

Como se ha indicado, la emisión de NOx (en forma de NO y NO₂) es fuertemente dependiente tanto de la composición del combustible como de las condiciones de la combustión, de ahí que el rango de valores de emisión también sea bastante amplio, pudiendo ser la diferencia entre valores de hasta un orden de magnitud.

Como todas las malterías utilizan únicamente gas natural como combustible, las emisiones de azufre son muy poco significativas.

Las emisiones de CO son muy poco significativas en el sector maltero y generalmente están asociadas al funcionamiento incorrecto de calderas o a combustiones incompletas.

Gases de secado

Como ya se ha comentado, el secado de la malta se realiza con aire calentado indirectamente. En el proceso se secado, el aire se carga de humedad y en menor medida de compuestos orgánicos volátiles generados durante el secado y tostación de la malta. Dichos compuestos volátiles dan lugar a los olores característicos de tostación de la malta.

Otros

La planta de producción de frío es una fuente potencialmente emisora de gases porque normalmente se utiliza amoniaco como fluido frigorífico. El NH₃ sólo se emitirá a la atmósfera si existen fugas o roturas en los sistemas que lo conducen, lo cual no ocurre en condiciones normales de operación.

3.3.4. Olores

Las malterías no se caracterizan por ser fuentes importantes de generación de olores. En las malterías se pueden producir focos de olor, normalmente puntuales y moderados. Estos focos esporádicos de olor pueden ser el tostador de la malta, la planta de depuración de aguas residuales y las propias chimeneas de evacuación de humos de combustión.

3.3.5. Ruido

Las fuentes de ruido las podemos clasificar en ruido procedente de los vehículos y ruido procedente de focos estáticos.

El ruido de vehículos proviene principalmente de los camiones de abastecimiento de materias primas y expedición de malta. El ruido de los focos estáticos que puede afectar a los alrededores proviene de los equipos de la maltería.

Las principales fuentes de ruido son por tanto:

- circulación de camiones dentro de las instalaciones
- sistemas de aspiración y tamizado de partículas
- transporte interior de materia prima, maquinas de limpia y clasificación
- ventiladores, compresores, soplantes

El impacto ambiental de la emisión de ruido debería ser evaluado mediante un estudio específico de las distintas fuentes de emisión.

Capítulo 4.

Mejores Técnicas Disponibles

4.1. Introducción

En la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación, se definen las mejores técnicas disponibles como “la fase más eficaz y avanzada de desarrollo de las actividades y de sus modalidades de explotación, que demuestren la capacidad práctica de determinadas técnicas para constituir, en principio, la base de los valores límite de emisión destinados a evitar o, cuando ello no sea posible, reducir en general las emisiones y el impacto medioambiental en el conjunto del medio ambiente y de la salud de las personas”.

Las mejores técnicas disponibles (MTD) se caracterizan por ser técnicas especialmente eficaces desde el punto de vista ambiental por su reducido consumo de recursos o bajo impacto ambiental, y por ser viables en el ámbito técnico y económico para cualquier industria afectada.

Las MTD deben ser tenidas en cuenta para determinar los Valores Límite de Emisión (VLE), aunque sin prescribir la utilización de una técnica o tecnología específica.

La figura siguiente muestra un posible esquema del proceso de identificación de MTD aplicable en el sector agroalimentario.

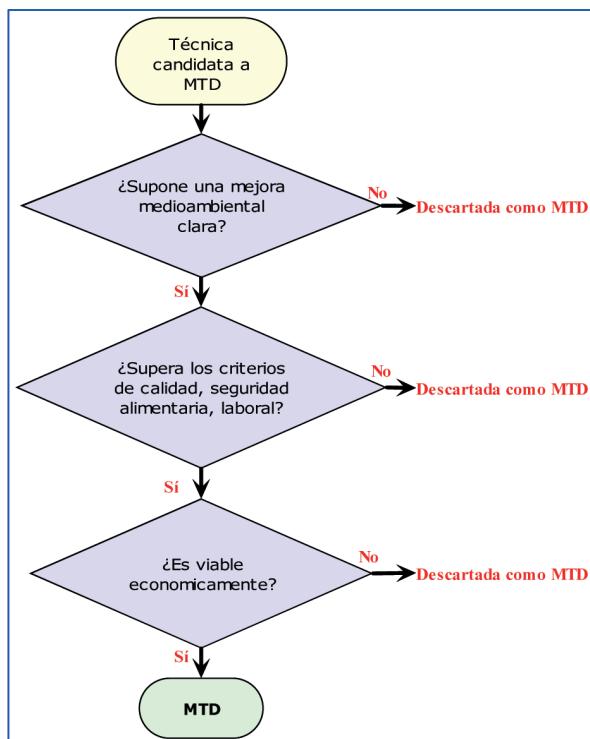


Figura 1.
Diagrama de selección
de MTDs

En comparación con otras técnicas disponibles empleadas para realizar una determinada operación o práctica en una instalación industrial agroalimentaria, una técnica candidata a MTD debe suponer un beneficio ambiental significativo en términos de ahorro de recursos y/o reducción del impacto ambiental producido.

Una vez superado este primer requisito, la técnica candidata a MTD debería estar disponible en el mercado y ser además compatible con la producción de alimentos de calidad, inocuos y cuya fabricación no supongan un mayor riesgo laboral o industrial (escasa productividad, complejidad, etc.). En el caso de la industria alimentaria merece la pena destacar que la seguridad alimentaria puede suponer una barrera crítica a ciertas técnicas de reutilización o de reciclaje.

Finalmente, una técnica no podría considerarse MTD si fuera económicamente inviable para una industria. La adopción de MTD por parte de un centro no debería suponer un coste tal que pusiera en riesgo la continuidad de la actividad. En este sentido, es conveniente recordar que en las instalaciones antiguas, un cambio de tecnología es una inversión muy costosa, no siempre asumible por diversos factores, mientras que en nuevas instalaciones es más lógico considerar además de otros criterios, la variable ambiental y por tanto las MTD. Esta sería una de las ideas de fuerza de la nueva normativa: fomentar la adopción de técnicas productivas respetuosas con el medio ambiente.

4.2. Consideraciones generales a la aplicación de las MTDs en una instalación maltera

En este apartado se describen algunos aspectos que pueden condicionar la aplicabilidad de las MTD en una determinada instalación conforme a sus circunstancias particulares.

4.2.1. Seguridad alimentaria

Cualquier técnica empleada en una industria alimentaria tiene como requisito básico no comprometer la seguridad alimentaria del alimento producido. Por ello, este aspecto se ha considerado como condición imprescindible que debe de cumplir cualquier técnica que quiera ser considerada como MTD.

4.2.2. Especificaciones de producto

La malta cervecera que se elabora en España tiene en la cebada su materia prima. No obstante, la existencia de diferentes tipos de cerveza y las características distintivas de cada marca condicionan que se produzcan maltas con unas especificaciones muy diversas y por regla general bastante estrictas.

Algunas MTD relacionadas como por ejemplo con la reutilización del agua de remojado o germinación pueden afectar dichas especificaciones de producto y por tanto cada una de ellas debe ser evaluadas en detalle y de forma individualizada.

4.2.3. Viabilidad económica

La viabilidad económica de algunas de las MTD identificadas para el sector maltero debería ser estudiada para cada instalación en concreto en función de las características de la instalación, especialmente atendiendo a factores como el tamaño, el tipo de productos elaborado o la edad de la instalación.

Independientemente de ello, existe una característica que permite diferenciar claramente la viabilidad económica de algunas MTD: el que sea una instalación nueva o existente.

4.2.4. Condicionantes locales y de instalación

Algunos factores locales pueden determinar la viabilidad técnica de una determinada MTD (por ejemplo un circuito cerrado con torre de refrigeración) o el ajuste de parámetros para la optimización de un proceso (por ejemplo el ajuste de las temperaturas de condensación y evaporación del sistema de refrigeración)

Las ampliaciones sufridas por una instalación existente también puede condicionar el ajuste de algunos parámetros a los valores óptimos.

4.3. Fichas de MTD

Se han identificado 17 MTD aplicables al sector maltero, que se describen a continuación en forma de fichas para facilitar su consulta.

En la Tabla 9 se enumeran las MTD identificadas indicando cuáles son las principales operaciones implicadas y en la Tabla 10 se presentan estas mismas MTD agrupadas en función del principal aspecto ambiental que mejoran.

La asociación Malteros de España estima que alrededor de un 75% de las MTD con mayor incidencia medioambiental están ya implantadas en las malterías españolas.

Tabla 9. Listado de MTD y principales operaciones implicadas

Nº	Mejor técnica disponible	Operación implicada
1	Descarga controlada de cebada e instalación de sistemas de aspiración y retención de partículas	Recepción y limpieza
2	Pulverización de agua durante la germinación	Germinación
3	Recuperación del calor del aire de secado	Secado
4	Recirculación del aire generado en la etapa de tostado	Tostado
5	Segregación de subproductos sólidos orgánicos e inorgánicos	Limpieza y selección del grano
6	Utilización de rejillas o trampillas sobre las entradas a los desagües para prevenir la entrada de materia sólida de aguas residuales.	Gestión y tratamiento de aguas residuales
7	Optimización de los sistemas de limpieza en seco	Limpieza de equipos e instalaciones
8	Red separativa y segregación del vertido de aguas pluviales	Gestión y tratamiento de aguas residuales
9	Disponer de un sistema apropiado de tratamiento de aguas residuales	Gestión y tratamiento de aguas residuales
10	Establecimiento y control de indicadores de ecoeficiencia	Gestión ambiental
11	Optimización de la eficiencia en motores y equipos	Germinación, remojado, tostación
12	Realizar un estudio de viabilidad de implantación de sistemas de cogeneración	Gestión de la energía
13	Planes de formación medioambiental	Gestión ambiental
14	Programa de mantenimiento preventivo	Gestión ambiental
15	Implantar buenas prácticas de gestión del agua	Gestión ambiental
16	Implantar un plan de emergencias ambientales	Gestión ambiental
17	Control de las emisiones de ruido	No específica

Tabla 10. Listado de MTD en función del principal aspecto ambiental que permiten mejorar

Aspecto medioambiental	Nº	Mejor Técnica Disponible
Consumo de energía	3	Recuperación del calor del aire de secado
	4	Recirculación del aire generado en la etapa de tostado
	11	Optimización de la eficiencia en motores y equipos
	12	Realizar un estudio de viabilidad de implantación de sistemas de cogeneración
Consumo de agua y generación de agua residual	2	Pulverización de agua durante la germinación
	6	Utilización de rejillas o trampillas sobre las entradas a los desagües para prevenir la entrada de materia sólida en la red de drenaje de aguas residuales
	8	Red separativa y segregación del vertido de aguas pluviales
	9	Disponer de un sistema apropiado de tratamiento de aguas residuales
Emisiones atmosféricas	7	Optimización de los sistemas de limpieza en seco
	1	Descarga controlada de cebada e instalación de sistemas de aspiración y retención de partículas
Residuos	5	Segregación de subproductos sólidos orgánicos e inorgánicos
Ruido	17	Control de las emisiones de ruido
General	10	Establecimiento y control de indicadores de ecoeficiencia
	13	Planes de formación medioambiental
	14	Programa de mantenimiento preventivo
	15	Implantar buenas prácticas de gestión del agua
	16	Implantar un plan de emergencias ambientales

1 Descarga controlada de cebada e instalación de sistemas de aspiración y retención de partículas

Principal operación implicada: Recepción y limpieza

Principal aspecto ambiental que mejora: Emisión de partículas a la atmósfera

Descripción

En las áreas donde se realiza la operación de recepción de la cebada se generan durante la descarga partículas de polvo que se difunden en la atmósfera circundante.

Para evitar que estas partículas se emitan al exterior, la descarga debe hacerse de forma controlada empleando un sistema que cuente con un dispositivo de aspiración del aire interior y posterior retención de las partículas antes de su emisión a la atmósfera. Los sistemas más utilizados para la separación de las partículas son los ciclones y filtros de mangas.

Los sistemas de aspiración y separación de partículas deben estar adecuadamente diseñados y contar con las necesarias medidas de protección para evitar el riesgo de explosiones.

Descripción de la mejora ambiental

Reducción o eliminación de las emisiones de partículas y polvo a la atmósfera: La descarga de cereal es una actividad potencialmente peligrosa que lleva asociada la emisión de partículas finas que pueden ocasionar trastornos ambientales y afectar a la salud de las personas. La implementación de medios de retención reducen las emisiones de estos finos prácticamente en su totalidad.

! Condicionantes

Calidad, seguridad alimentaria	La aplicación de esta técnica no repercuten sobre la calidad o seguridad de la malta producida
Riesgos laborales	Durante las operaciones de limpieza y mantenimiento de los equipos de retención de partículas se deberán de tomar las medidas necesarias para evitar la inhalación de finos. Deberán considerarse los elementos de seguridad para evitar el riesgo de explosiones.
Aspectos técnicos	En todos los casos, deberán considerarse los elementos de seguridad para evitar el riesgo de explosiones.
Aspectos económicos	En instalaciones existentes puede que no sea viable
Valor asociado	La retención y recuperación de las emisiones de partículas y polvo generadas en todo el proceso de manipulación del cereal (recepción, almacenamiento, transporte y clasificación) puede llegar a representar hasta 5 kg/t del cereal recibido.
Aplicable en	Todas las instalaciones

2 Pulverización de agua durante la germinación

Principal operación implicada: Germinación

Principal aspecto ambiental que mejora: Consumo de agua y generación de aguas residuales

Descripción

Durante la germinación, la cebada experimenta los cambios de composición necesarios para hacerla susceptible a la acción de las levaduras en la etapa de fermentación que se lleva a cabo en la elaboración de cerveza.

Por ello, a veces es necesario aportar agua al lecho de cereal hasta que los granos alcancen su grado de humedad óptimo. El aporte del agua necesaria para esta operación puede hacerse por medio de sistemas de riego o pulverización que ajusten las dosis necesarias

Descripción de la mejora ambiental

Reducción del consumo de agua, energía y de la generación de aguas residuales: Los sistemas de pulverización de agua producen una corriente de pequeñas gotas de agua que se distribuyen de forma muy homogénea sobre el lecho a humedecer incrementando asimismo el tiempo de residencia de la corriente sobre el material. En virtud de la mejor distribución del agua y del aumento del tiempo de contacto, los consumos de agua pueden reducirse con respecto a sistemas convencionales de distribución de agua para aportar al grano un grado de humedad determinado.

Reducción de volumen del vertido de aguas residuales: Al ser el aporte de humedad más eficiente la cantidad de agua excedentaria que abandona la etapa de germinación como agua residual es menor.

! Condicionantes

Calidad, seguridad alimentaria	No existen condiciones limitantes. Por el contrario, al modularse mejor la cantidad de agua aportada se tiene mayor grado de control del proceso de germinación y se evita el apelmazamiento de granos
Riesgos laborales	No limitante
	No limitante
Aspectos técnicos	Principales equipos necesarios: Sistemas de control del flujo y de distribución del agua
Aspectos económicos	No limitante
Aplicable en	Todas las instalaciones

3 Recuperación del calor del aire de secado

Principal operación implicada: Tostación

Principal aspecto ambiental que mejora: Consumo de energía térmica

¶ Descripción

El secado o tostado se realiza de forma progresiva, con una primera fase de secado del cereal germinado seguido de un tostado generalmente suave. En la primera fase de secado se reduce el contenido en humedad del grano desde un 45% hasta un 15-20%, aproximadamente y posteriormente en la fase de tostación se reduce hasta una humedad final del 4-5%. En la operación conjunta de secado-tostación se consume gran parte de la energía térmica del proceso (aproximadamente 85-90% de la energía térmica total del proceso), por lo que resulta prioritaria a la hora de implantar medidas de eficiencia energética. En la subetapa de secado se consume aproximadamente el 75% de la energía térmica de la etapa de secado-tostación.

En la operación se utiliza aire exterior calentado indirectamente con fluidos térmicos intermedios, como vapor de agua o agua sobrecalentada, o con los gases de combustión de un quemador. Para la fase de secado el aire se calienta a baja temperatura (35-60°C). Los gases resultantes de este secado tienen un contenido en humedad muy alto y una temperatura baja.

Es posible conseguir ahorros de energía significativos recuperando parte del calor latente y sensible de los gases de secado que se utilizan para precalentar el aire que se introduce en el sistema. Los recuperadores de calor más extendidos son los recuperadores de tubos de vidrio: En ellos, el aire de salida del secadero circula por el exterior mientras el aire que entra del exterior circula por el interior. El intercambio de calor entre ambos flujos provoca el enfriamiento del aire casi saturado de salida del secadero permitiendo así la recuperación parcial del calor latente.

¶ Descripción de la mejora ambiental

Reducción del consumo de combustibles fósiles: La mayor eficiencia energética asociada al empleo de esta técnica implica un menor consumo de combustible para producir el mismo efecto de secado

Reducción de las emisiones de gases de combustión y sustancias tóxicas: La reducción del consumo de combustible lleva asociada una reducción en la emisión de gases de efecto invernadero y sustancias tóxicas generadas en la combustión.

! Condicionantes

Calidad, seguridad alimentaria	No limitante
Riesgos laborales	No limitante
Aspectos técnicos	No limitante
Aspectos económicos	Principales equipos necesarios: Intercambiadores de calor El coste asociado a la compra e instalación de intercambiadores de calor es moderado. En una instalación nueva, estos sistemas deberían ser siempre valorados
Valor asociado	La reducción del consumo de energía que se puede conseguir al aplicar esta MTD oscila entre el 15-25% de la energía consumida en la operación. El porcentaje de reducción del consumo energético depende fundamentalmente de la temperatura ambiente existente y por tanto del lugar donde se encuentre ubicada la maltería
Aplicable en	Todas las instalaciones

4 Recirculación del aire generado en la etapa de tostado

Principal operación implicada: Tostación

Principal aspecto ambiental que mejora: Consumo de energía térmica

Descripción

Como ya se ha comentado anteriormente, la operación de secado-tostado se realiza en discontinuo y de forma progresiva, de forma que en una primera fase se produce fundamentalmente el secado del cereal germinado, reduciendo el contenido en humedad del grano desde un 45% hasta un 15-20%, y en una segunda fase se produce el tostado del grano coincidiendo con el secado final del grano hasta un 4-5% de humedad.

En la operación conjunta de secado-tostación se consume gran parte de la energía térmica del proceso (aproximadamente 85-90% de la energía térmica total del proceso), de la que aproximadamente un 25% se consume en la fase de tostación.

Durante esta etapa, el aire de salida del secadero tiene una temperatura elevada y una humedad relativa baja, por lo que permite que pueda ser recirculado parcialmente dentro del propio secadero o para calentar el aire de entrada en la fase inicial de secado de un nuevo lote de cebada, aumentando así la eficiencia energética de la operación.

Descripción de la mejora ambiental

Reducción del consumo de combustibles fósiles: La mayor eficiencia energética asociada al empleo de esta técnica implica un menor consumo de combustible para producir el mismo efecto de secado

Reducción de las emisiones de gases de combustión y sustancias tóxicas: La reducción del consumo de combustible lleva asociada una reducción en la emisión de gases de efecto invernadero y sustancias tóxicas generadas en la combustión.

Condicionantes

Calidad, seguridad alimentaria	No limitante
Riesgos laborales	No limitante
Aspectos técnicos	No limitante
Aspectos económicos	No limitante
Aplicable en	Todas las instalaciones

5 Segregación de subproductos sólidos orgánicos e inorgánicos

Principal operación implicada: Limpieza y selección

Principal aspecto ambiental que mejora: Generación de residuos

Descripción

Durante la limpieza y cribado de la cebada se recogen restos de cereal junto con partículas inertes como piedrecitas o arenas. Los materiales inertes deben separarse adecuadamente para que el subproducto orgánico resultante pueda ser aprovechado por otros sectores.

Asimismo, la separación del material inerte, por regla general de una mayor dureza que los materiales de origen orgánico, contribuye a aumentar la durabilidad de los equipos utilizados para el manejo y transporte de estos subproductos.

Descripción de la mejora ambiental

Generación de residuos: La separación de la fracción inorgánica es necesaria cuando el subproducto se dedica a alimentación animal y repercute favorablemente sobre su precio de mercado y las posibilidades de valorización.

! Condicionantes

Calidad, seguridad alimentaria	No limitante
Riesgos laborales	No limitante
Aspectos técnicos	La implantación de esta MTD reduce los costes derivados de la manipulación de los subproductos orgánicos y la frecuencia de las reparaciones de los equipos
Aspectos económicos	No limitante
Aplicable en	Todas las instalaciones

6 Utilización de rejillas o trampillas sobre las entradas a los desagües para prevenir la entrada de materia sólida en la red de drenaje de aguas residuales

Principal operación implicada: Gestión y tratamiento de aguas residuales

Principal aspecto ambiental que mejora: Consumo de agua y generación de aguas residuales

Descripción

Las rejillas son dispositivos de retención de sólidos que se colocan sobre los desagües para impedir que los sólidos de un cierto tamaño pasen a las aguas residuales o de drenaje de la industria maltera. Estos elementos pueden ser planos o cóncavos, permitiendo estos últimos que se acumulen los sólidos hasta su retirada manual.

Descripción de la mejora ambiental

Reducción de la carga contaminante del agua residual a tratar: En la industria maltera, los sólidos que son susceptibles de pasar a las aguas de drenaje consisten normalmente en granos de cebada o malta completos o disgregados así como cascarillas y paja. La incorporación de estos residuos a las aguas residuales incrementa la carga contaminante de las mismas aumentando los costes de operación de la planta y pudiendo llegar incluso a ocasionar la sobrecarga de la misma

! Condicionantes

Calidad, seguridad alimentaria	No limitantes
Riesgos laborales	No limitantes
Aspectos técnicos	No limitantes Principales equipos necesarios: Rejillas de drenaje
Aspectos económicos	La instalación de rejillas en los colectores de drenaje es muy barata
Aplicable en	Todas las instalaciones

7 Optimización de los sistemas de limpieza en seco

Principal operación implicada: Limpieza de equipos e instalaciones

Principal aspecto ambiental que mejora: Consumo de agua, generación de aguas residuales consumo de productos químicos de limpieza

Descripción

Los métodos de limpieza en seco incluyen tanto los manuales que puedan hacerse con escobas o cepillos como aquellos que se realizan por medio de sistemas de aspiración (limpieza a vacío).

La limpieza en seco de equipos e instalaciones, incluyendo derrames debe usarse antes de la limpieza con agua cuando ésta sea necesaria para alcanzar los niveles higiénicos requeridos.

En cualquier caso, siempre que sea posible se llevará a cabo una limpieza en seco con objeto de minimizar el consumo de agua requerido para la limpieza en húmedo

Descripción de la mejora ambiental

Reducción del volumen de aguas residuales generado y su carga orgánica: La eliminación de suciedad en seco previa a la limpieza con agua reduce la cantidad de sustancias contaminantes que se incorporan al agua de lavado, facilitando el tratamiento de estas aguas. La sustitución de la limpieza con agua cuando los requisitos higiénicos lo permiten reducen el consumo de agua con lo que reducen el volumen de aguas residuales generadas y la contaminación que estas llevarían asociada.

Reducción del uso de productos químicos de limpieza: Tanto la limpieza en seco previa a la limpieza con agua como el empleo exclusivo de sistemas de limpieza en seco llevan asociada una reducción en el consumo de agentes químicos de limpieza.

! Condicionantes

Calidad, seguridad alimentaria	No limitante
Riesgos laborales	No limitante
Aspectos técnicos	No limitante. En el caso de limpieza a vacío, la empresa ha de dotarse de este tipo de sistemas, que por regla general suelen ser económicos
Aspectos económicos	La instalación de rejillas en los colectores de drenaje es muy barata
Aplicable en	Todas las instalaciones

8 Red separativa y segregación del vertido de aguas pluviales

Principal operación implicada: Gestión y tratamiento de aguas residuales

Principal aspecto ambiental que mejora: Consumo de agua y generación de aguas residuales

¶ Descripción

La recogida conjunta de las aguas pluviales junto con el resto de aguas generadas en la instalación supone encarecer el coste total de la depuración, debido fundamentalmente a un aumento del consumo en energía.

Además, cuando se producen eventos de lluvia abundante en cortos períodos de tiempo, los caudales de aguas pluviales suelen ser muy superiores a los que la depuradora puede absorber, generando así graves problemas en la misma (desbordamientos, inutilización de los sistemas biológicos, etc.). Estos hechos pueden dejar fuera de uso la depuradora durante días o semanas hasta que ésta se pone a régimen de nuevo.

Cuando se diseña una instalación de nueva construcción se deberá tener en cuenta que el sistema de recogida, canalización y vertido de las aguas pluviales sea independiente del resto de aguas residuales generadas en la instalación (aguas de proceso, limpieza, sanitarias, etc.).

En el caso de que no exista posibilidad de verter dichas aguas a una red exterior de pluviales, estas se incorporarán al resto de aguas residuales de la empresa tras la depuradora.

¶ Descripción de la mejora ambiental

Reducción del volumen de agua residual a tratar: Con la segregación de las aguas pluviales no contaminadas se evita que entren en contacto con las aguas residuales industriales y que por tanto no se contaminen las primeras. Como beneficio adicional, se reduce el consumo energético asociado al tratamiento de aguas residuales.

! Condicionantes

Calidad, seguridad alimentaria	No limitante
Riesgos laborales	No limitante
Aspectos técnicos	En instalaciones existentes que no dispongan de red separativa de pluviales, la instalación de la misma puede llegar a ser técnicamente inviable Principales equipos necesarios: Nuevos sistemas de colectores para las aguas pluviales
Aspectos económicos	En instalaciones existentes que no dispongan de red separativa de pluviales, la instalación de la misma puede ser muy costosa y no llega a compensar los beneficios obtenidos por la misma
Aplicable en	Instalaciones nuevas

9 Disponer de un sistema apropiado de tratamiento de aguas residuales

Principal operación implicada: Gestión y tratamiento de aguas residuales

Principal aspecto ambiental que mejora: Agua residual

Descripción

La producción de aguas residuales es intrínseca al propio proceso productivo y las actividades auxiliares desarrolladas en las malterías. La implantación de medidas preventivas y de las mejores técnicas disponibles permite minimizar el volumen y la carga contaminante de las mismas, pero generalmente es necesario depurarlas antes de su vertido final al medio receptor.

La depuración de las aguas residuales puede hacerse en la propia maltería o en estaciones de depuración situadas fuera de la misma, como es el caso de las que vierten a colectores de depuradoras municipales o mancomunadas. En este caso, es posible que la maltería sólo requiera disponer de sistemas básicos de pretratamiento para alcanzar los niveles exigidos para su entrada en la depuradora.

El tratamiento completo de depuración de las aguas residuales de una maltería debería considerar las siguientes fases:

- * Desbaste
- * Homogeneización
- * Sistema biológico aerobio y/o anaerobio
- * Línea de tratamiento/acondicionamiento de fangos

Descripción de la mejora ambiental

Reducción de la carga contaminante del efluente final: La existencia de un sistema de depuración apropiado a las condiciones particulares de cada instalación supone una reducción importante de los niveles de contaminación de los parámetros de control del efluente y permite adecuar las características del vertido a las requeridas en el punto de vertido.

El nivel de reducción de la carga contaminante de las aguas residuales tras su tratamiento en la depuradora depende de multitud de variables que no afectan a todas las instalaciones del sector por igual. Por tanto los valores absolutos o relativos de mejora son únicamente válidos para cada caso concreto.

! Condicionantes

Calidad, seguridad alimentaria	No limitante
Riesgos laborales	Las plantas depuradoras pueden llevar asociados riesgos físicos y biológicos sobre los que hay que advertir y formar al personal
Aspectos técnicos	Para cada instalación, el sistema de tratamiento de aguas residuales será aquel que se considere suficiente para lograr una depuración adecuada de los efluentes en función de las exigencias del punto de vertido Principales equipos necesarios: Planta de depuración
Aspectos económicos	En este caso no se puede hablar de viabilidad, es una inversión necesaria para cumplir con la legislación
Aplicable en	Todas las instalaciones

10 Establecimiento y control de indicadores de ecoeficiencias

Principal operación implicada: Gestión ambiental

Principal aspecto ambiental que mejora: No específico

¶ Descripción

Ecoeficiencia es una concepto que esta siendo adoptado cada vez más por las industrias de cualquier sector en todo el mundo como medio de mejorar el comportamiento ambiental, al mismo tiempo que se reducen los costes.

Los dos objetivos principales de la ecoeficiencia pueden resumirse en un uso más eficiente de los recursos y en la reducción de la contaminación, con el doble beneficio de la reducción de cargas ambientales y de reducción de costes por la mejor gestión de recursos y de la contaminación en cualquiera de sus formas (atmosférica, residuos, aguas residuales).

El establecimiento de indicadores ambientales o de ecoeficiencia que relacionan los consumos (energía, recursos, agua) y las emisiones (aguas residuales, residuos) con un parámetro relacionado con la producción, permite cuantificar la eficiencia del proceso respecto al aspecto ambiental en cuestión.

Los indicadores de ecoeficiencia generalmente se definen de forma que cuando el indicador aumenta su valor, el proceso es más eficiente respecto al parámetro controlado. Por ejemplo, un ecoindicador podría ser "t de malta /m³ de agua consumida". Si dicho indicador aumenta es porque necesitamos menos agua para elaborar la misma tonelada de producto y por tanto el proceso es más eficiente en cuanto al consumo de agua.

Además, el control de los indicadores a lo largo del tiempo permite detectar consumos innecesarios, accidentes, fugas o fallos en los procesos. Adicionalmente pueden utilizarse para comparar la eficiencia de unas plantas industriales con otras.

Cada instalación debe establecer aquellos indicadores que realmente puedan suministrarle información para el control o mejora de todo el proceso, o parte del mismo.

¶ Descripción de la mejora ambiental

Control de los consumos y emisiones de los aspectos en los que se establecen y controlan los indicadores: Este control permite evaluar y tomar decisiones sobre posibilidades de minimización de aquellos aspectos ambientales que se consideren significativos.

Esta MTD no es cuantificable en términos de consumo o reducción de energía, materiales, agua, carga de efluente o emisiones atmosféricas.

! Condicionantes

Calidad, seguridad alimentaria	No limitante
Riesgos laborales	No limitante
Aspectos técnicos	Requiere dotarse de equipos de medición (contadores, sondas), un sistema informático para el tratamiento de la información y disponer de personal responsable del análisis de los resultados y su comunicación a la dirección
Aspectos económicos	No limitante
Aplicable en	Todas las instalaciones

11 Optimización de la eficiencia en motores y equipos

Principal operación implicada: Germinación, remojado, tostación

Principal aspecto ambiental que mejora: Consumo de energía eléctrica

Descripción

Una parte importante de la electricidad consumida en la instalación se debe al consumo de motores y equipos. La instalación de nuevos equipos más eficientes y la implantación de la gestión de recursos reduce el consumo de electricidad.

Hay dos métodos para reducir el consumo eléctrico de los motores:

* instalación de nuevos motores de mayor eficiencia

* el rendimiento de los motores se puede mejorar instalando convertidores de frecuencia favoreciendo el control del caudal y la presión de un modo más eficaz.

Descripción de la mejora ambiental

Reducción del consumo energético: Se trata de una MTD bastante genérica en la que se introducen mejoras relacionadas con cambios de los motores y mejora del rendimiento de los mismos. La reducción en el consumo energético está sujeta a multitud de variables dependientes de la casuística de cada instalación.

! Condicionantes

Calidad, seguridad alimentaria	No limitante
Riesgos laborales	No limitante
Aspectos técnicos	Es difícil mantener el grado óptimo de eficiencia en una instalación debido a la inmediatez con la que se realizan muchas de las reparaciones y recambios de motores y equipos Principales equipos necesarios: varidores de frecuencia
Aspectos económicos	En instalaciones existentes se debe introducir la medida progresivamente
Valores asociados	La reducción de energía al optimizar la eficiencia de motores y equipos puede suponer el 3-5% del total de energía consumida por estos equipos
Aplicable en	Todas las instalaciones, preferentemente en las nuevas

12 Implantación de sistemas de cogeneración

Principal operación implicada: Generación de energía

Principal aspecto ambiental que mejora: Consumo de energía térmica y eléctrica

█ Descripción

Los sistemas de cogeneración ofrecen la posibilidad de producir energía eléctrica y calor aprovechable en forma agua caliente, vapor o utilizando otro fluido como vector térmico.

Los sistemas de cogeneración alcanzan elevados rendimientos energéticos si se comparan con los sistemas convencionales de generación de energía, pudiendo llegar a aprovechar hasta el 70 u 85% de la energía potencial del combustible.

Dadas las necesidades de energía térmica y eléctrica que tiene la industria malterera, el empleo de sistemas de cogeneración para suministrar energía a la planta se muestra como una opción que puede llegar a ser atractiva tanto desde el punto de vista ambiental como económico.

█ Descripción de la mejora ambiental

El estudio de viabilidad en sí no aporta beneficios ambientales, si bien su instalación, en caso de ser acometida, tendría asociada los siguientes efectos.

Reducción de los consumos de energía eléctrica y combustibles fósiles

Reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y sustancias tóxicas

! Condicionantes

Calidad, seguridad alimentaria	No limitante
Riesgos laborales	No limitante
Aspectos técnicos	No limitante
Aspectos económicos	El coste del estudio variará en función de la persona u organización a quien se encargue el estudio
Aplicable en	Sólo en aquellas instalaciones en las que un estudio de viabilidad técnico económico específico así lo indique

13 Planes de formación medioambiental

Principal operación implicada: Gestión medioambiental

Principal aspecto ambiental que mejora: Minimización de todos los aspectos medioambientales

Descripción

La formación y concienciación medioambiental del personal es esencial para conseguir una adecuada aplicación de las buenas prácticas ambientales que conducen en su conjunto a una minimización del impacto medioambiental de la instalación.

La formación debe alcanzar a todos los niveles de la estructura organizativa de la empresa, y por tanto debería estar adaptada a los diferentes puestos y responsabilidades dentro de la empresa. Debería incluir los aspectos relativos a las condiciones habituales de trabajo, los arranques del proceso y los que pueden surgir durante condiciones anormales.

Algunos de los aspectos que deben ser considerados dentro de los planes de formación son el consumo de agua y energía, la segregación adecuada de subproductos y residuos, el mantenimiento de las instalaciones limpias y ordenadas, la asignación de responsabilidades y la implantación de procedimientos específicos.

El plan de formación podría comenzar con cursos de sensibilización y formación medioambiental genéricos para que los trabajadores conozcan los principales aspectos e impactos medioambientales de su empresa. Posteriormente, podrían diseñarse cursos con objetivos más específicos (gestión de residuos, aguas residuales, energía,...).

La planificación del curso debería estar precedida de una diagnosis medioambiental de la empresa en la que se caracterizaran los principales aspectos medioambientales de la instalación, la gestión actual interna de los mismos, los medios disponibles, los sistemas de control y medición existentes, etc.

Para que las acciones formativas puedan tener un resultado adecuado deben ir acompañadas de una planificación previa por parte de la dirección, de los objetivos medioambientales que se pretenden conseguir, los medios materiales disponibles y la estructura organizativa de la empresa.

La formación puede realizarse con recursos internos o apoyándose en consultores externos.

Descripción de la mejora ambiental

La formación y sensibilización de los trabajadores en temas medioambientales permite mejorar el comportamiento medioambiental general de la actividad. La planificación de cursos específicos, como la gestión de residuos o las aguas residuales, permite mejorar especialmente en dichos aspectos concretos.

! Condicionantes

Calidad, seguridad alimentaria	Las buenas prácticas de gestión medioambiental se relacionan con aspectos como la limpieza y el orden de la instalación, que también ayudan a mejorar la calidad y la seguridad alimentaria
Riesgos laborales	Las buenas prácticas de gestión medioambiental se relacionan con aspectos como la limpieza y el orden de la instalación, que también ayudan a mejorar la seguridad laboral
Aspectos técnicos	No limitante
Aspectos económicos	Además del propio coste de los cursos hay que considerar las horas de formación de los trabajadores
Aplicable en	Todas las instalaciones

14 Programa de mantenimiento preventivo

Principal operación implicada: Gestión medioambiental

Principal aspecto ambiental que mejora: Minimización de todos los aspectos medioambientales

Descripción

Un mantenimiento preventivo de la instalación que implique la sustitución de piezas y la comprobación periódica del funcionamiento de los equipos puede reducir significativamente los niveles de consumo y emisión al prevenir la aparición frecuente de fugas, averías en los equipos, y toda una serie de incidencias que pueden conducir a la generación de vertidos o emisiones incontroladas.

El plan de mantenimiento preventivo requiere que el responsable de mantenimiento actúe en cooperación con los responsables de operación. Pueden utilizarse registros de inspecciones, planes, permisos, y otra información relevante para controlar las mejoras y anticiparse a las acciones necesarias, como la sustitución de piezas.

Junto a las ventajas ambientales, esta medida también puede tener una influencia indirecta positiva sobre la calidad y la seguridad alimentaria del producto, ya que al funcionar mejor todos los equipos se prevé que se pueda garantizar mejor la seguridad alimentaria del producto. Además, se reduce el riesgo de accidentes al mantenerse los equipos e instalaciones en mejor estado.

Descripción de la mejora ambiental

Reducción de los niveles de consumo y emisión en general: El nivel de mejora ambiental conseguido dependerá del estado inicial de la instalación. En cualquier caso, el cálculo o estimación de un valor cuantitativo que represente la mejora lograda por la aplicación de esta MTD es difícil de establecer debido a la casuística diferente en cada instalación y a su carácter preventivo.

Reducción del riesgo de accidentes en toda la instalación.

! Condicionantes

Calidad, seguridad alimentaria	Incide positivamente en la calidad y seguridad alimentaria del producto
Riesgos laborales	Reduce el riesgo de accidentes
Aspectos técnicos	No limitante
Aspectos económicos	No limitante
Aplicable en	Todas las instalaciones

15 Implantar buenas prácticas de gestión del agua

Principal operación implicada: Gestión medioambiental

Principal aspecto ambiental que mejora: Minimización del consumo de agua y de las aguas residuales

Descripción

El consumo de agua es uno de los aspectos ambientales más significativos en las industrias del sector de elaboración de malta. La mayor parte del agua consumida acaba abandonando la instalación como agua residual.

Las buenas prácticas de gestión del consumo de agua suelen ser medidas que no implican cambios tecnológicos o cambios de procesos y que están relacionadas con cambios o mejoras operativas que no requieren inversiones de capital ni costes excesivos. A continuación se citan algunas buenas prácticas que pueden aplicarse en las empresas para mejorar la gestión del agua:

- Ajustar el caudal de agua a las necesidades de consumo de cada operación.
- Establecimiento de las condiciones óptimas de operación, reflejándolas por escrito y difundiéndolas entre los trabajadores.
- Sistemas automáticos de cierre en los puntos de agua (mangueras, grifos, servicios, etc.) y dispositivos que permitan la regulación del caudal.
- Instalación de sistemas de cierre sectorizado de la red de agua, que permita cortar el suministro de una zona en caso de producirse una fuga.
- Realizar inspecciones periódicas de la instalación y/o del consumo para detectar fugas, roturas o pérdidas lo antes posibles.
- Manejo y control a lo largo del tiempo de indicadores ambientales, que relacionan los consumos de agua y los vertidos de aguas residuales con la producción. Estos indicadores muestran la situación en el punto de partida y la evolución temporal, reflejando el efecto de las medidas adoptadas en términos económicos y ambientales, y permitiendo identificar áreas o aspectos donde es posible realizar mejoras. Además, permiten detectar consumos innecesarios, accidentes, fugas o fallos en los procesos.
- Recogida en seco de los subproductos/residuos orgánicos antes de proceder a la limpieza con agua. La retirada en seco mediante barrido, arrastre con aire o aspiración de los sólidos que quedan sobre la superficie de los suelos, plataformas, o equipos es la mejor forma de reducir el consumo de agua y de agua residual de las limpiezas en húmedo.

Descripción de la mejora ambiental

Reducción del consumo de agua y del volumen de vertido del efluente final: se trata de una MTD genérica, de aplicación en todos los ámbitos de la industria, cuyos resultados cuantitativos representativos de la mejora van a depender, entre otros factores, del alcance y la ambición de los objetivos de reducción establecidos.

! Condicionantes

Calidad, seguridad alimentaria	Las medidas de ahorro de agua no deben condicionar en ningún momento la calidad o seguridad alimentaria del producto
Riesgos laborales	No limitante
Aspectos técnicos	No limitante
Aspectos económicos	Redunda en un ahorro en el consumo de agua y la depuración de aguas residuales
Aplicable en	Todas las instalaciones

16 Implantar un plan de emergencias ambientales

Principal operación implicada: Gestión ambiental

Principal aspecto ambiental que mejora: No específico

■ Descripción

Un plan de emergencias ambientales debe considerar los riesgos ambientales asociados a la actividad: vertidos accidentales, rotura de depósitos de almacenamiento, fugas de instalaciones de refrigeración, derrames de sustancias químicas y combustibles, etc. Las actuaciones para definir el plan de emergencia pueden ser las siguientes:

- * identificar las fuentes potenciales de incidentes/descargas accidentales (operación anómala) que pueda tener un impacto adverso sobre el medio ambiente
- * evaluar los riesgos potenciales identificados para determinar su nivel de impacto sobre el medio ambiente
- * desarrollar medidas de control para prevenir, eliminar o reducir los riesgos asociados a los incidentes potenciales identificados, y en particular:
 - llevar a cabo inspecciones periódicas de las fuentes potenciales de descargas accidentales y las medidas de control que se pueden aplicar,
 - realizar inspecciones periódicas de los equipos de reducción de la contaminación, como los filtros de mangas, ciclones, instalaciones de tratamiento de residuos o aguas residuales, etc.,
 - realizar inspecciones periódicas de los depósitos de almacenamiento enterrados, cubetos de retención, etc.,
 - instalar barreras de protección apropiadas para prevenir posibles daños a los equipos por el movimiento de vehículos
 - utilizar cubetos de retención en las zonas de almacenamiento de productos a granel,
 - utilizar dispositivos de recogida de derrames para minimizar el impacto de descargas accidentales
 - aislar los desagües,
 - considerar la contención o reducción de descargas accidentales de las válvulas auxiliares de seguridad,
 - emplear técnicas de monitorización de la eficiencia de los equipos de reducción de la contaminación,
 - emplear técnicas para prevenir el rebose en tanques de almacenamiento, por ejemplo medida del nivel, alarmas de llenado máximo, dispositivos de parada al alcanzar el límite de llenado.
- * desarrollar un plan de emergencia

■ Descripción de la mejora ambiental

Aumenta el conocimiento de los riesgos y se establecen procedimientos de respuesta que permiten minimizar el potencial impacto medioambiental.

Esta MTD no es cuantificable ya que es una técnica de carácter preventivo.

! Condicionantes

Calidad, seguridad alimentaria	No limitante
Riesgos laborales	Complementa las medidas internas de prevención de riesgos laborales
Aspectos técnicos	No limitante
Aspectos económicos	En la Directiva 2004/35/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre Responsabilidad Ambiental, en relación con la prevención y reparación del daño ambiental, las empresas afectadas por la Ley IPPC deberán disponer de un seguro de responsabilidad ambiental, cuya prima puede ser menor en caso de disponer de un plan de emergencias ambientales
Aplicable en	Todas las instalaciones

17 Control de las emisiones de ruido

Principal operación implicada: No específica

Principal aspecto ambiental que mejora: Ruido

Descripción

Prácticamente toda actividad industrial conlleva la emisión de ruidos que repercuten negativamente sobre la calidad de vida de las personas que trabajan en las proximidades del foco emisor y para las que habitan en el área adyacente. En la industria malterera, la generación de ruidos no es especialmente relevante, sin bien desde el punto de vista ambiental, es recomendable reducir al mínimo las emisiones.

En el caso de las malterías, el control del ruido se centra en la operación adecuada y el mantenimiento de equipos susceptibles de generar de emisiones, como sistemas de aspiración de polvo, ventiladores, soplantes, compresores, maquinas de transporte, limpia y clasificación de producto, y en particular de los vehículos a motor que transportan la cebada a la instalación y la malta acabada fuera de ella.

Descripción de la mejora ambiental

Reducción de las emisiones sonoras: Manteniendo puertas y ventanas cerradas para evitar que salga al exterior el ruido de las instalaciones del interior de los edificios. Colocando aislamiento acústico y silenciadores a equipos generadores de ruido en el exterior. Colocando bases de caucho sobre la maquinaria.

! Condicionantes

Calidad, seguridad alimentaria	No limitante
Riesgos laborales	No limitante
Aspectos técnicos	No limitante
Aspectos económicos	No limitante
Aplicable en	Todas las instalaciones

MTD genéricas

Consumo de agua

Mejora de la gestión del agua

- Eliminar el consumo de agua donde sea posible:
 - separación y recogida en seco de residuos sólidos, semisólidos y rechazo de materia prima
- Aplicar buenas prácticas medioambientales como:
 - instalar contadores en equipos de elevado consumo para realizar el seguimiento del consumo
 - instalar limitadores o temporizadores y válvulas automáticas de control de caudal para interrumpir el suministro de agua durante las paradas en la zona de producción
 - avisar y reparar las fugas lo más rápidamente posible
 - instalar sondas de nivel en depósitos de agua
- Mejora de las operaciones de mantenimiento:
 - régimen de mantenimiento que asegure la reparación inmediata de fugas de agua y averías
 - operar las torres de refrigeración de modo que se eviten al máximo las pérdidas de agua a la atmósfera

Buenas prácticas en operaciones de limpieza

- Realizar limpieza en seco
- Aplicar buenas prácticas medioambientales
 - barrer, recoger con pala o con aspiradores el material derramado en vez de arrastrarlo hasta el desague con mangueras de agua
 - evitar el uso de mangueras a modo de cepillos o escobas
 - asegurarse de que los equipos de limpieza en seco están siempre fácilmente disponibles
 - disponer de los contenedores más adecuados al tipo de residuos recogidos
- Para la limpieza manual:
 - limpieza con agua a alta presión (bajo volumen)
 - limpieza con espuma a baja presión
 - utilizar mangueras con cierre automático y pistolas de pulverización

Consumo de materiales

Selección de materiales

- Eliminación de sustancias halogenadas como refrigerantes. Sustitución de los gases peligrosos para la capa de ozono
- Elección de materiales de envase con el menor impacto ambiental, teniendo en cuenta peso, volumen, componentes y potencialidad para su recuperación, reutilización, y reciclaje

Buenas prácticas en operaciones de limpieza

- Reducción del consumo de productos químicos mediante:
 - sustitución de las operaciones de limpieza manual por sistemas automáticos CIP
 - reducción del consumo de EDTA en detergentes industriales
 - evitar el uso de biocidas oxidantes basados en compuestos organohalogenados

Aguas residuales

Buenas prácticas en operaciones de limpieza

- Realizar limpieza en seco
 - Aplicar buenas prácticas medioambientales
 - Para la limpieza manual:
 - limpieza con agua a alta presión (bajo volumen)
 - limpieza con espuma a baja presión
 - utilizar mangueras con cierre automático y pistolas de pulverización
 - Reducción del consumo de productos químicos mediante:
 - sustitución de las operaciones de limpieza manual por sistemas automáticos CIP
 - reducción del consumo de EDTA en detergentes industriales
 - evitar el uso de biocidas oxidantes basados en compuestos organohalogenados
-

Residuos

Minimización de residuos

- Aplicación de buenas prácticas de manejo
 - mantener un buen control de inventarios para evitar la pérdida de materia prima
 - asegurar que los empleados están informados de los aspectos medioambientales que las operaciones de la empresa genera y sus responsabilidades personales al respecto
 - mantener el área de trabajo ordenada para evitar accidentes
 - formar a la plantilla en buenas prácticas de limpieza
 - evaluar los sistemas de recolección de residuos para comprobar si pueden ser mejorados, por ejemplo eliminando la fuente de generación o colocando bandejas para recoger el residuo en caso que la maquinaria sufra escapes o goteos
 - planificar programas periódicos de mantenimiento para evitar averías
 - identificar y marcar todas las válvulas y accesorios de la maquinaria para reducir el riesgo de que sean accionadas incorrectamente por personal inexperto
 - segregar los residuos sólidos para su reutilización o reciclaje
- Mejora de las prácticas operacionales:
 - equipos de limpieza en seco
 - planificación de la producción de modo que se minimicen las descargas de agua y limpiezas CIP
 - selección de agentes de limpieza y desinfección considerando las implicaciones medioambientales
- Optimización del control de proceso:
 - de inputs
 - especificaciones
 - manipulación y almacenamiento
 - producción de efluentes
 - medida frecuente de:
 - temperaturas
 - presiones

- niveles de llenado de depósitos
 - caudales
 - ciertos parámetros como pH, conductividad, turbidez, composición, etc...
-
- Recuperación y reutilización:
 - recuperación y reutilización de condensados del evaporador en planta
 - Favorecer la reutilización externa de subproductos en alimentación animal o como fertilizantes
-
- Mejora de las técnicas de almacenamiento y manejo de materiales:
 - reducir los límites de sobrellenado (con pesadores automáticos en línea o operarios experimentados)
 - instalar contadores y calibrarlos regularmente
 - utilizar factores de conversión para controlar cambios de volumen en función de la temperatura
 - comprobar los datos de las facturas, albaranes
 - efectuar balances de masas
 - calcular rendimientos (específicos y relativos) y establecer benchmarks
 - zonas específicas para depósitos de producto a granel
 - sistemas de almacenamiento y transporte hermético para materiales pulverulentos
 - cubetos de retención alrededor de los depósitos
 - protección contra reboses en depósitos de almacenamiento de material a granel
 - evitar la entrada de lluvia y viento en los depósitos
 - revisión periódica de la maquinaria
 - minimizar la adherencia (uso de mangas de carga a granel en cargadores verticales/tubos telescopicos)
 - reducir la velocidad de salida de las tuberías de descarga mediante deflectores o caída en cascada
 - evitar el uso de cintas lanzadoras en zonas al aire libre
 - en la medida de lo posible utilizar palas cargadoras solamente para material húmedo o no pulverulento
 - pulverizar agua en el exterior de las aperturas de salida y entrada a las tolvas
 - eliminar las impurezas de gran tamaño
 - minimizar las operaciones de transferencia de materia de un lugar a otro
 - utilizar cintas transportadoras regulables en altura
-

Capítulo 5.

Medición y control de emisiones

Por medición y control de emisiones (monitorización) entendemos la vigilancia o seguimiento sistemático de las variaciones de un determinado compuesto químico o de una característica física de una emisión, vertido, consumo, parámetros equivalentes o medidas técnicas, tal como se menciona en el Documento de Referencia de los Principios Generales de Monitorización. La medición y control de emisiones debe realizarse por dos razones principales:

- para verificar que las emisiones están dentro de los límites autorizados;
- para la adecuada elaboración de los informes ambientales periódicos para las autoridades competentes.

Por otra parte, las instalaciones incluidas en el anexo 1 de la Ley 16/2002 deben efectuar las mediciones necesarias para poder cumplimentar la declaración anual en el registro PRTR.

La identificación de las parámetros que se van a controlar, las condiciones y metodología de muestreo, los métodos de análisis y la periodicidad con la que se realizan, dependerán del uso y destino que se le vayan a dar a los datos, así como de las exigencias que en cada caso pueda marcar la administración que solicita la información. Por ello, es necesario definir claramente los objetivos de la medición y control de emisiones entre las partes implicadas (titulares de la instalación, administración, terceras partes) para asegurar su utilidad y evitar pérdidas de tiempo y extracostes. Asimismo, será necesario establecer los requisitos de calidad necesarios.

Además, es muy importante tener un buen conocimiento de los procesos de los que se derivan los parámetros que se van a controlar, para garantizar en todo lo posible la fiabilidad y utilidad de los datos obtenidos, teniendo siempre presente la dificultad y el coste de los distintos métodos de control y el hecho de que a partir de los datos de monitorización se puedan realizar cálculos y tomar decisiones relacionadas con otros propósitos al margen del cumplimiento de los requisitos establecidos en la autorización ambiental integrada. Por ejemplo, el cálculo de los parámetros PRTR o la identificación de operaciones anómalas.

Independientemente de los sistemas de medida y control que se prescriban en las autorizaciones ambientales integradas, éstos deben reunir dos características esenciales para asegurar el valor práctico de los datos obtenidos:

- fiabilidad, entendiéndose ésta como la corrección o cercanía de los datos respecto al valor real, es decir el grado de confianza que se le puede atribuir a los resultados;
- que sea comparable, siendo una medida de la confianza con la que un grupo de datos puede compararse con otro.

En este capítulo se indican los procedimientos más usuales para la medición y control de los parámetros que definen el consumo de recursos, los vertidos de aguas residuales, la generación de residuos y las emisiones a la atmósfera de la industria maltera.

Los métodos de medición y control que se exponen en este capítulo no tienen carácter exhaustivo ni mucho menos preceptivo, ya que en algunos casos la propia legislación no determina métodos específicos. Además,

la legislación estatal, autonómica y local que de algún modo hace referencia a los procedimientos y técnicas de medición y control es tan amplia que sería inviable recopilarla en el alcance de esta guía de modo que todas las instalaciones malteras españolas estuvieran representadas.

Asimismo, se menciona brevemente la normativa aplicable más relevante y se describe la información que las empresas afectadas tienen que suministrar al registro PRTR-España.

El Reglamento (CE) N° 166/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo relativo al establecimiento de un Registro Europeo de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (E-PRTR) sustituye al Inventario Europeo de Emisiones Contaminantes (EPER) en virtud del cual se comunicaron los datos correspondientes a los años 2001 y 2004.

Este reglamento tiene por objeto fomentar el acceso del público a la información medioambiental mediante el establecimiento de un registro Europeo de emisiones y transferencias de contaminantes, en forma de base de datos electrónica accesible al público.

Según el Reglamento E-PRTR, el titular de cada complejo que realice una o varias actividades de las incluidas en el anexo I por encima de los umbrales de capacidad recogidos en el mismo, comunicará anualmente a la autoridad competente la siguiente información:

- (a) Emisiones a la atmósfera, al agua y al suelo de cualquiera de los contaminantes incluidos en el anexo II cuyo umbral, igualmente especificado en dicho anexo, hubiera sido superado;
- (b) Transferencia fuera del emplazamiento de residuos peligrosos en cantidad superior a 2 toneladas anuales o de residuos no peligrosos en cantidad superior a 2000 toneladas anuales;
- (c) Transferencias fuera del emplazamiento de cualquiera de los contaminantes incluidos en el anexo II en aguas residuales destinadas a tratamiento cuyo umbral aplicable, especificado en la columna 1b de dicho anexo, hubiera sido superado.

Deberá indicarse si la información está basada en mediciones, cálculos o estimaciones. Además, se deberá informar sobre el total de las emisiones y las transferencias fuera del emplazamiento generadas por las actividades realizadas en el complejo ya sean éstas deliberadas, accidentales, habituales u ocasionales.

Se debe tener en cuenta todos los contaminantes listados en el Anexo II que sean relevantes en los procesos realizados en los complejos industriales de las malterías tanto en lo que se refiere a emisiones como a transferencias fuera del emplazamiento. La información, por tanto, no debe limitarse sólo a aquellos contaminantes listados en las autorizaciones ambientales de cada complejo.

La información suministrada de las emisiones y transferencias fuera del emplazamiento debe basarse en mediciones, cálculos o estimaciones.

- Medición: datos basados en mediciones realizadas utilizando métodos normalizados o aceptados, aunque sea necesario realizar cálculos para transformar los resultados de las medidas en datos de emisiones anuales.
- Cálculo: datos basados en cálculos de balance de masas o factores de emisión aceptados en el ámbito nacional o internacional y representativo del sector maltero.
- Estimación: datos basados en estimaciones no normalizadas, fundamentadas en hipótesis óptimas o en opiniones de expertos. También se aplica si se utilizan previsiones por falta de metodologías de estimación reconocidas o directrices de buenas prácticas.

El Anexo II del Reglamento E-PRTR incluye una lista de 91 sustancias contaminantes, que lógicamente no están presentes en las emisiones de todas las actividades industriales. Por ello, la Dirección General del Medio Ambiente de la Comisión Europea ha elaborado unas sublistas en las que se señalan con carácter orientativo los parámetros que pueden ser emitidos por las diferentes actividades industriales descritas en el Reglamento E-PRTR.

PRTR-España es, a partir del 1 de enero de 2008, el nuevo Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes que sustituye al anterior registro EPER-España, cumpliendo el Reglamento E-PRTR y el Real Decreto 508/2007, de 20 de abril, por el que se regula el suministro de información sobre emisiones del Reglamento E-PRTR y de autorizaciones ambientales integradas. Según el anexo I del Real Decreto 508/2007, las malterías estarían incluidas dentro de la categoría de actividad 8. b.ii).

El primer año de referencia en el que habría que informar con criterios PRTR fue 2007 y la declaración se debía hacer en 2008.

5.1. Consumo de recursos

Los principales recursos consumidos en la industria malterera son agua, electricidad y combustibles fósiles.

Tabla 11. Resumen de los consumos significativos y operaciones donde se producen

Recurso	Parámetro	Tipo	Observación
Agua	Consumo m ³ /año	Medición en continuo	Contadores, facturas
Electricidad	Consumo kWh/año	Medición en continuo	Contadores, facturas
Combustible	Tipo, consumo m ³ o t/año; kWh/año Thermia/año	Cálculo	Facturas

El consumo de estos recursos se debe controlar en la medida en que un uso irracional o incontrolado de los mismos puede originar directa o indirectamente impactos significativos en el medio ambiente. Por ejemplo, el consumo de agua está estrechamente relacionado con el volumen de aguas residuales generado.

A esto hay que añadir el propio impacto que supone el consumo de recursos naturales siempre limitados.

Su medición y control por parte de la empresa suele ser sencilla ya que se trata de recursos consumibles que las industrias adquieren generalmente de terceras empresas y los datos de las transacciones están perfectamente documentados y registrados.

En los casos de autoabastecimiento, como puede ser la extracción de agua de un pozo propio o la autogeneración energética (cogeneración) se deben instalar contadores para medir los consumos realizados. En el caso de la cogeneración, el registro y notificación de los niveles de consumo y producción está tipificado en la normativa correspondiente.

5.2. Aguas residuales

Una adecuada monitorización de las aguas residuales debería permitir controlar tanto los valores máximos de concentración de parámetros químicos como la cuantificación de las cantidades anuales vertidas.

Antes de realizar el plan de medición y control es conveniente disponer de información referente al proceso, los principales flujos de agua residual (proceso productivo, limpiezas, refrigeración, sanitarias,...), la

jornada de trabajo, el diseño del sistema colector, las características de la estación depuradora de aguas residuales, etc. El conocimiento de estos aspectos permitirá adecuar el plan de medición y control de emisiones a las características de cada instalación.

A continuación se describe la metodología habitual de medición y control de las aguas residuales, siguiendo el orden cronológico de actuación, de manera que el proceso de obtención de datos puede esquematizarse según los siguientes puntos: determinación del caudal y volumen, toma de muestras, parámetros de control y métodos analíticos más habituales.

5.2.1. Caudal/volumen

Cuando se necesita disponer de información sobre la distribución del caudal a lo largo de la jornada laboral es necesario utilizar sistemas de medición, mientras que cuando sólo se necesite conocer el volumen de agua residual generada en un determinado periodo de tiempo pueden utilizarse alternativamente métodos de cálculo indirectos basados en balances de masas. Cuando interesa conocer el valor de ambas magnitudes lo más conveniente es realizar la medición con registro de caudales y totalizador del volumen de vertido.

En todo caso, la calidad de la medida del caudal/volumen va a tener una gran relevancia en el cálculo posterior de la carga total de los contaminantes presentes en las aguas residuales. Una inadecuada determinación del caudal de efluentes puede desmerecer un laborioso y correcto proceso de determinación analítica de concentraciones de parámetros en una muestra.

Existen principalmente dos métodos para la medida del caudal; los métodos de descarga directa y el de cómputo área-velocidad.

Descarga directa

Son aquellos que determinan el caudal midiendo la altura de la lámina de agua en las inmediaciones de una estructura que restringe el paso del agua en el canal. Dicha restricción provoca una carga hidráulica que es proporcional al flujo.

En función del tipo de restricción hidráulica podemos distinguir dos grandes grupos:

- Canal de aforo Parshall. Es un canal abierto compuesto de tres secciones: una convergente aguas arriba, una garganta, y una divergente aguas abajo. Para un canal Parshall de sección conocida, el caudal se determina midiendo la altura de la lámina de agua en un punto determinado de la sección convergente. La altura de lámina se puede obtener mediante sondas de ultrasonidos.
- Vertedero. Es un sistema parecido al anterior pero en este caso la restricción al flujo es una sección rectangular o en "V". Para un vertedero de sección conocida, el caudal se determina midiendo la altura de la lámina aguas arriba de la abertura.

Cómputo área-velocidad

Estos sistemas se basan en el cálculo del flujo mediante la multiplicación del área transversal por la velocidad medida del agua. Los dos sistemas más habituales son:

- Caudalímetro. Calcula el caudal a partir de la sección mojada del canal y de la velocidad del agua. La velocidad media la calcula por ultrasonidos utilizando el efecto Doppler. Una sonda calcula la altura de la lámina de agua por diferencias de presión respecto a la ambiental. También puede medir la altura con sondas de burbujeo o con medidores ultrasónicos. Los caudalímetros suelen contar con la opción de incorporar diferentes sondas que miden simultáneamente, a los mismos intervalos que la sonda de caudal, distintos parámetros como pH, oxígeno disuelto, temperatura, conductividad, etc.

- Molinetes. Se introduce un eje que lleva acopladas en su extremo unas aspas que giran por la corriente del agua. Se utiliza para mediciones precisas de la velocidad del flujo en grandes canales, siempre que no haya demasiada materia en suspensión.

El volumen total de agua vertida en un determinado intervalo de tiempo (volumen diario o anual suele ser lo más habitual) es un dato de interés que se puede obtener directamente a partir de los datos de caudal medidos.

Otra forma de obtener esta información es realizando un balance de agua calculado como el consumo de agua total menos las perdidas por evaporación y las que se incorporan al producto, los subproductos y residuos.

En la siguiente tabla se resumen los métodos habituales para la medición del volumen/caudal de agua residuales.

Tabla 12. Métodos habituales para la medición del volumen/caudal de agua residuales

Parámetro	Tipo de enfoque	Descripción
Caudal m^3/h	Medida directa en continuo	Métodos de descarga directa o área-velocidad
Volumen $m^3/año o periodo$	Balance de masas	Teniendo en cuenta los consumos, las pérdidas por evaporación, la incorporación a producto y subproductos, etc.
	Cálculo	En base a los datos de caudal disponibles y las horas de funcionamiento de la instalación
	Medida directa en continuo	Equipos de medición de caudal con totalizador de volumen

5.2.2. Toma de muestras

El objetivo de la toma de muestras es la obtención de una porción de material que represente con exactitud al material de donde procede y cuyo volumen sea lo suficientemente pequeño como para que pueda ser transportado y manipulado con facilidad. La fiabilidad de los resultados analíticos posteriores en laboratorio dependerá en gran medida de la calidad del muestreo realizado.

A la hora de planificar el muestreo hay que tener en cuenta que el agua residual generada en las malterías se caracteriza por presentar variaciones importantes tanto en su caudal como en sus características físicas y químicas a lo largo de la jornada laboral.

Este hecho va a condicionar el tipo de muestreo a realizar ya que si el objetivo es obtener una muestra representativa del vertido generado durante una jornada laboral, será necesario realizar muestreos integrados en función del caudal. Sin embargo, si la instalación dispone de una estación depuradora con capacidad para homogeneizar el vertido de toda la jornada, será suficiente tomar una muestra puntual para que sea representativa del vertido. A continuación se describen los tipos de muestreo y las condiciones en las que son aplicables.

- *Muestreo simple, puntual o instantáneo.* Es una muestra de un volumen determinado y tomada de una sola vez. Representa las condiciones que se dan en ese preciso momento. Este tipo de muestra puede ser adecuado en las instalaciones malteras que disponen de una planta de depuración con tiempos de retención suficientes y sistemas adecuadamente dimensionados, donde la salida del efluente depurado se produce con caudal apreciablemente constante.
- *Muestreo integrado o compuesto.* Se utiliza para caracterizar la composición media de las aguas residuales a lo largo de jornadas de trabajo durante las diferentes etapas de funcionamiento de la industria. Pueden ser muestras integradas en función del tiempo o en función del caudal. La integrada en función del tiempo es una muestra compuesta formada a partir de muestras simples de un volumen determinado, tomadas a intervalos de tiempo fijados. Es interesante para obtener una muestra representativa del vertido en una jornada en la que siendo el caudal apreciablemente constante, algún parámetro pueda variar significativamente. La integrada en función del caudal es una muestra compuesta en la que el volumen de cada una de las muestras simples tomadas es proporcional al caudal de agua residual en el momento de la toma. Se utiliza cuando el vertido tiene puntas importantes a lo largo de la jornada. Este método, en alguna de sus dos variantes, es el apropiado para instalaciones que carezcan de planta depuradora o aún en el caso de disponer de ella, las dimensiones de los sistemas que la componen o los tiempos de retención no sean suficientes para asegurar una salida constante del efluente y los demás parámetros pueden variar significativamente.

El proceso de toma de muestras debe estar bien planificado, detallado y escrito en el plan de muestreo, incluyendo donde se ha de realizar la toma de muestras y el procedimiento que ha de seguirse para su obtención, conservación y transporte hasta el laboratorio.

La legislación actual no prescribe métodos oficiales de toma de muestra de aguas residuales. Se pueden adoptar opcionalmente métodos normalizados de muestreo. En este caso se pueden tomar como referencia las normas que a modo indicativo se citan en la siguiente tabla.

Tabla 13. Métodos normalizados relativos al muestreo de aguas residuales

Norma española	Aplicación	Correspondencia con normas Internacionales
UNE-EN 25667-1:1995	diseño de programas de muestreo	ISO 5667-1:1980
UNE-EN 25667-2:1995	técnicas de muestreo	ISO 5667-2:1991
UNE-EN ISO 5667-3:1996	conservación y manipulación de muestras	ISO 5667-3:1994
UNE-EN ISO 5667-13:1998	muestreo de lodos procedentes de aguas residuales y de las instalaciones de tratamiento de agua	ISO 5667-13:1997

5.2.3. Parámetros de control

La medición y control de los parámetros físicos y químicos de las aguas residuales se realiza generalmente mediante medidas directas, normalmente en discontinuo. En la siguiente tabla se muestran los parámetros de monitorización típicos de la industria de elaboración de malta.

Tabla 14. Parámetros de control típicos de la industria maltera

Clase	Parámetro	Unidades	Tipo
Materia orgánica	DQO, DBO5	mg O ₂ /l	
Sólidos no disueltos	Sólidos en Suspensión (S.S.)	mg/l	En discontinuo
Nitrógeno	NKT ⁽¹⁾	mg N/l	
Fósforo	P Total	mg P/l	
pH	pH		En continuo o discontinuo

(1) NKT = Nitrógeno Kjeldahl Total

Los parámetros pH y CE se pueden medir en continuo instalando sondas en los puntos donde se quiera caracterizar el vertido. Existen publicaciones normalizadas de acuerdo a los estándares UNE relacionados con la instrumentación de medida en continuo de estos dos parámetros, en concreto:

- UNE 77078:2002 Especificaciones técnicas de carácter general para los instrumentos de medida en continuo de pH en vertidos industriales.
- UNE 77079:2002 Especificaciones técnicas de carácter general para los instrumentos de medida en continuo de conductividad en vertidos industriales.

El resto de parámetros se suele controlar en discontinuo, tomando una muestra de agua representativa y analizándola *in situ* mediante un kit adecuado o en laboratorio. En las dos tablas siguientes se indican a modo de ejemplo algunos métodos de referencia para la determinación analítica en laboratorio de los parámetros de control más característicos de la industria maltera. Algunos de estos métodos analíticos son oficiales según la legislación autonómica o local.

El análisis de los vertidos los realiza normalmente un laboratorio colaborador de los organismos de cuenca en materia de control de vertido, o en cualquier caso, un laboratorio homologado o designado por la Administración competente, que debería cumplir con los requisitos de la norma UNE-EN ISO/IEC 17025:2000, relativa a la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración.

La frecuencia con la que se realicen los análisis vendrá especificada en la autorización ambiental integrada, junto con la indicación de los sistemas y procedimientos de control, así como la especificación de la metodología de medición y los procedimientos de evaluación de las mediciones.

En algunos casos, los organismos estatales, autonómicos o entidades locales que otorgan las autorizaciones de vertido en los distintos medios receptores, establecen métodos oficiales para la caracterización de los vertidos conforme a los “Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water”⁴. Este texto tiene una traducción al castellano de la 17^a edición original, “Métodos Normalizados de Análisis de Aguas Potables y Residuales”⁵. Los métodos de referencia de análisis de aguas según los “Standard Methods” se aplican ampliamente en los laboratorios homologados o colaboradores de los organismos de cuenca, o alternativamente se emplean procedimientos internos basados en estos métodos.

⁴ Publicado por W.E.F. (Water Environment Federation), A.P.H.A. (American Public Health Association) y A.W.W.A. (American Water Works Association). Última edición, 20^a (1998).

⁵ Publicada por Díaz de Santos Ediciones en 1992. Traducción de la 17^a edición de la WEF-APHA-AWWA.

La tabla siguiente muestra, a título de ejemplo, algunos de los parámetros más habituales de las aguas residuales y la referencia al método analítico de la versión castellana de los “Standard Methods”.

Tabla 15. Métodos de referencia de análisis de aguas residuales según los “Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water”

Parámetro	Standard Method	Método de análisis
DQO	SM 5220	B. método de reflujo abierto C. reflujo cerrado, método titulométrico D. reflujo cerrado, método colorimétrico
Fósforo	SM 4500-P	B. método de digestión con distintos ácidos C. método colorimétrico del ácido vanadomolibdofosfórico D. método del cloruro estagnoso E, F. método del ácido ascórbico
N (orgánico)	SM 4500-Norg	B, C. método Kjeldahl
S.S.	SM 2540	D. sólidos totales en suspensión secados a 103-105°C

Las Normas UNE están en muchos casos relacionadas con los “Standard Methods” por la gran semejanza existente entre algunos métodos analíticos. En la tabla siguiente se muestran, a modo de ejemplo, las Normas UNE para los métodos de análisis de los parámetros más habituales en las aguas residuales de las instalaciones de elaboración de malta.

Tabla 16. Métodos de análisis de aguas residuales según las Normas UNE

Parámetro	Norma	Correspondencia con normas internacionales	Método
DQO	UNE 77004:2002	ISO 6060:1989	Método del dicromato
Fósforo total	UNE-EN 1189:1997	EN 1189:1996	Método espectrométrico con molibdato amónico
NKT	UNE-EN 25663:1994	EN 25663:1993 ISO 5663:1984	Método de mineralización con selenio
N total	UNE-EN ISO 11905-1:1998	EN ISO 11905-1:19998 ISO 11905-1:1997	Parte 1: método por mineralización oxidante con peroxidisulfato
S.S.	UNE-EN 872:1996	EN 872:1996	Filtración por filtro de fibra de vidrio

Otros procedimientos analíticos reconocidos y determinados en algunos reglamentos autonómicos y locales para las aguas residuales, se basan en normas como la AFNOR, ANSI, ISO, EN y en procedimientos tales como; “Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes”⁶ o “ASTM Standards for Water and Environmental Technology (Section 11)”⁷.

Además de los métodos de referencia indicados hasta ahora, en ocasiones los Organismos de la Administración admiten otros por motivos de prestigio y oportunidad, y así se reconoce en el articulado de alguna normativa.

5.2.4. Registro europeo de emisiones y fuentes contaminantes (PRTR)

Tal como se ha descrito al inicio de este apartado, el Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino ha puesto en marcha el Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes PRTR-España que sustituye al EPER-España, y dispondrá de información sobre las emisiones y transferencias de residuos fuera del emplazamiento, de todos aquellos complejos industriales que realicen alguna de las actividades incluidas en el anexo I del Real Decreto 508/2007.

En las sublistas que ha elaborado la Dirección General del Medio Ambiente de la Comisión Europea se indican con carácter orientativo cuáles son las sustancias que pueden ser emitidas o transferidas al agua por las actividades de tratamiento y transformación destinados a la fabricación de productos alimenticios a partir de materia prima vegetal, entre las que se encuentran las malterías. Estas sustancias y los correspondientes umbrales de emisión por encima de los cuales se debe remitir información sobre las sustancias, se indican en el apartado de anexos.

En la práctica, la información facilitada por el titular de un complejo incluirá menos contaminantes que los enumerados en la mencionada sublista, debido a que en cada caso concreto se decidirá qué contaminantes del Anexo II son relevantes a efectos de comunicación de información. Una comprobación periódica debería bastar para determinar si un contaminante en particular está siendo emitido por encima del umbral.

La información suministrada de las emisiones y transferencias fuera del emplazamiento debe basarse en mediciones, cálculos o estimaciones.

- **Medición:** Se utiliza cuando las emisiones se calculan a partir de datos obtenidos de mediciones reales de las concentraciones de contaminantes existentes en el agua, multiplicados por el caudal anual de vertido. También se utiliza este código cuando el cálculo de las emisiones anuales se basa en resultados de mediciones discontinuas y de corta duración.
- **Cálculo:** El método de balance de masas puede utilizarse con bastante fiabilidad para el cálculo del volumen de agua vertido en un determinado periodo si los datos de partida y las suposiciones realizadas en el balance son adecuados. La utilización de factores de emisión para el cálculo de la emisión de contaminantes al agua no está suficientemente desarrollada para el caso de las industrias de elaboración de la malta.
- **Estimación:** datos basados en estimaciones no normalizadas, fundamentadas en hipótesis óptimas o en opiniones de expertos. También se aplica si se utilizan previsiones por falta de metodologías de estimación reconocidas o directrices de buenas prácticas.

⁶ Publicado por EPA, United States Environmental Protection Agency. Última revisión, marzo 1983.

⁷ Publicado por ASTM, American Society for Testing and Materials. Última edición, Volume 11.01 & 11.02, 2001.

Las emisiones y las transferencias fuera del emplazamiento de aguas residuales deben comunicarse en términos de cantidad de contaminantes emitidos en kg/año.

La carga de fondo de una determinada sustancia contaminante existente en el agua de abastecimiento podrá deducirse de las emisiones totales del complejo relativas a esa sustancia contaminante.

Muchos de los parámetros de emisión al agua asignados al sector maltero disponen de métodos comunes de toma de muestras y metodologías de medición específicas recomendados por el Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino a través del portal PRTR-España, de los cuales se hace un resumen en el apartado de anejos.

5.2.5. Valores límite actuales en la legislación española y europea

Los requisitos exigidos para el vertido de aguas residuales de aquellas actividades industriales incluidas en el anexo 1 de la Ley 16/2002 se regulan en la Autorización Ambiental Integrada, expedida por la comunidad autónoma en la que radique la instalación.

Los límites cuantitativos máximos asignables a los vertidos dependen del destino final que tengan, pudiendo ser:

- vertido al mar
- vertido a colector
- vertido a cauce público.

Vertido a cauce público: Realizar un vertido a cauce público es equivalente a verter al dominio público hidráulico, el cual está constituido por las aguas continentales, los cauces de corrientes naturales, los lechos de lagos y lagunas y los acuíferos subterráneos.

La autorización de vertido a dominio público hidráulico perteneciente a una cuenca intracomunitaria, queda integrada en la autorización ambiental integrada para aquellas actividades industriales incluidas en el anexo 1 de la Ley 16/2002.

En el caso de que el vertido sea a cuencas intercomunitarias, los organismos de cuenca correspondientes emitirán un informe sobre la admisibilidad del vertido o, en su caso, sobre las características, condiciones y medidas correctoras del vertido. Este informe tiene carácter vinculante para el órgano autonómico competente para otorgar la autorización ambiental integrada y sustituye a la autorización de vertido de aguas residuales. Por tanto, cuando el informe del organismo de cuenca imponga valores límites de emisión, deberán incorporarse necesariamente al contenido de la autorización ambiental integrada.

Para establecer las condiciones de los permisos se tendrán en cuenta el Reglamento del Dominio Público Hidráulico aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril y modificado por el Real Decreto 606/2003, de 23 de mayo y los requisitos mínimos fijados por los Organismos de Cuenca correspondientes.

Vertidos al mar

Cuando los vertidos de aguas residuales se realizan desde tierra al mar se aplica el régimen legal en materia de costas, el cual se fundamenta sobre dos normas básicas de ámbito estatal:

- Ley 22/1988 de costas, de 28 de julio.
- Reglamento de Costas aprobado por el Real Decreto 1471/1989 de 1 de diciembre y modificado por el Real Decreto 1112/1992, de 18 de septiembre.

La autorización de vertido desde tierra al mar se integra en la autorización ambiental integrada para las instalaciones donde se desarrolle alguna de las actividades incluidas en el anexo 1 de la Ley IPPC. La principal diferencia respecto al caso de vertido a cauce público de cuencas intercomunitarias, es que no es necesario un informe vinculante de un organismo estatal, ya que es el mismo órgano autonómico quién gestiona ambos procedimientos administrativos.

Vertido a colector

El tercer caso en cuanto al medio receptor donde se vierten las aguas residuales es cuando se realiza a una red de saneamiento, colector o estación depuradora. El titular de la instalación donde se realiza el vertido puede ser un ente público o privado. La autorización de vertido a colector se integra en la autorización ambiental integrada para aquellas actividades industriales incluidas en el anexo 1 de la Ley 16/2002.

El agua vertida por la instalación al colector será depurada junto con otras aguas residuales urbanas y/o industriales en una estación depuradora antes de su vertido a cauce público o al mar. Por tanto, en la determinación de los valores límite de emisión de cada parámetro contaminante habrá que considerar las características de la depuradora que las recibe, su capacidad, el destino de las aguas depuradas, la calidad de los fangos generados, así como cualquier otra consideración que pueda provocar el mal funcionamiento de la misma.

5.3. Emisiones atmosféricas

Las emisiones atmosféricas que se generan en la industria maltera provienen básicamente de los gases de combustión de las calderas de generación de calor emitidos por las chimeneas, tratándose por tanto de focos de emisión localizados y fijos. La concentración de las sustancias contaminantes presentes en estos gases dependerá fundamentalmente del tipo y calidad del combustible utilizado y de las condiciones en las que se realiza la combustión (tecnología, antigüedad y mantenimiento de las calderas)

Como ya se ha mencionado en el capítulo 3, el tipo de combustible utilizado mayoritariamente en las malterías es el gas natural. Las sustancias más características en los gases procedentes de la combustión del gas natural son el CO₂ y el NOx.

La emisión de partículas en las áreas de descarga, transporte de la cebada o malta acabada se controlan generalmente tras los ciclones.

Las pérdidas de gases refrigerantes suelen producirse de forma difusa en la instalación, por lo que la forma más sencilla de controlarlas es realizando un balance de masas en períodos de tiempo relativamente largos.

A continuación, se describen más detalladamente las técnicas de muestreo y determinación cuantitativa de los gases de combustión emitidos en la industria maltera.

5.3.1. Medición de gases de combustión

La determinación de la concentración de los gases de combustión se puede realizar mediante sistemas de medición in situ. Los equipos de medición pueden ser portátiles y permiten analizar diferentes parámetros al mismo tiempo (O₂, CO₂, exceso de aire, tiro de la chimenea, CO, NO, NO₂ y SO₂).

La norma EPA-CTM-030 describe métodos de análisis de uno o varios compuestos gaseosos, cuando estos se realizan con células electroquímicas en analizadores portátiles.

El caudal de los gases de salida se suele calcular multiplicando la velocidad de salida de los gases por la sección interna de la chimenea. La velocidad se suele calcular a partir de los datos de presión interior y exterior de la chimenea.

Existen procedimientos normalizados UNE relacionados con el muestreo en continuo y más concretamente con la medición de caudales, como la UNE 77227:2001 Determinación del caudal volumétrico de corrientes de gases en conductos. Método automático.

También hay una norma que establece procedimientos normalizados referentes a la medición de las características del flujo de gases: UNE 77225:2000 Medidas de velocidad y caudal volumétrico de corrientes de gases en conductos.

El sistema de medición de partículas más utilizado se basa en la determinación del parámetro “opacidad”. Un método utilizado normalmente es la Escala de Bacharach que sirve para comparar el ennegrecimiento de los humos y que consiste en un conjunto de placas gradualmente oscurecidas desde el blanco, que corresponde al cero, al negro, que corresponde al nueve. Para utilizar esta escala se pasa una cantidad normalizada de gas a través de un papel de filtro cuyo ennegrecimiento se compara después con el de las placas. Otros sistemas que se pueden utilizar son: Escala de Ringelmann, opacímetros continuos o impactadores con muestreo isocinético.

La Norma ISO 9096 o su equivalente española UNE 77223, establece criterios para la determinación del número de puntos de muestreo de partículas sólidas tanto para chimeneas de sección circular como de sección rectangular.

Las inspecciones reglamentarias y por tanto el análisis de los contaminantes atmosféricos corresponde a los Organismos de Control Autorizado (OCA). Sin embargo, los autocontroles periódicos para el seguimiento del cumplimiento normativo se pueden realizar tanto por el titular de la instalación, como por una OCA. En cualquier caso, se deben observar los requisitos que se establecen en la legislación aplicable y estar homologado respecto a la competencia técnica y la disponibilidad organizativa y de medios para el desarrollo de las tareas de medición y control de la contaminación atmosférica.

Hay que destacar que la normativa española vigente en materia de emisiones atmosféricas no prescribe métodos de medición y análisis de sustancias contaminantes. Por lo general se utilizan normas nacionales y europeas, como UNE y EN o internacionales como ISO, así como de otros organismos internacionales como Methods of Air Sampling and Analysis de la APHA Intersociety Commitee o la U. S. Environmental Protection Agency (EPA).

Como regla general, antes de abordar el análisis de los contaminantes atmosféricos, se debe tener presente que la técnica de análisis seleccionada sea específica para la sustancia a analizar, es decir, debe estar en la medida de lo posible libre de interferencias de otros compuestos. Además debe ser lo más exacta posible, o en otras palabras, debe ser sensible al contaminante estudiado.

En la tabla 17 se exponen a título de ejemplo algunos de los métodos de análisis para sustancias comunes en la industria maltera. Se hace referencia a los estándares recogidos en las Normas UNE.

La concentración de los contaminantes presentes en las emisiones atmosféricas se expresan por medio de las unidades de masa y volumen usuales, normalmente como mg/Nm³ o como partes por millón (ppm). También pueden expresarse los valores resultantes de las mediciones como factores de emisión, referida la magnitud másica a la unidad de tiempo (g/h) o a la unidad de producción (g/kg de producto acabado).

Tabla 17. Métodos de análisis de sustancias emitidas a la atmósfera, según las Normas UNE

Sustancia	medición en continuo	
	Norma	Método análisis
NO _x	UNE 77224:2000 Determinación de las concentraciones mísicas de óxidos de nitrógeno	Características de funcionamiento de los sistemas automáticos de medida
SO ₂	UNE 77222:1996 Determinación de la concentración mísica de dióxido de azufre	Características de funcionamiento de los sistemas automáticos de medida
	UNE 77209:1989 Características de los monitores en continuo para la medida de la opacidad	Método opacimétrico
Partículas sólidas	UNE 77219:1998 Medición automática de la concentración mísica de partículas. Características de funcionamiento, métodos de ensayo y especificaciones	
CO ₂	UNE 77229:2004 Determinación de monóxido de carbono, dióxido de carbono y oxígeno. Características de funcionamiento y calibración de los sistemas automáticos de medida	

5.3.2. Registro europeo de emisiones y fuentes contaminantes (PRTR).

Los valores de emisión a la atmósfera deben estar expresados en t/año y redondeados a tres dígitos significativos, así como ir acompañados del pertinente código identificativo del método de determinación empleado (M, C o E. ver sección 5.2.4).

En todas las tablas publicadas en el portal PRTR-España del Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, referentes a los métodos recomendados para la toma de muestras, se indica expresamente la observación de la *Orden 18/10/1976 sobre prevención y corrección de la contaminación atmosférica de origen industrial*, y más concretamente el anexo III de la citada Orden, donde se describen los requisitos referentes al acondicionamiento de la instalación para mediciones y toma de muestra en chimeneas, situación, disposición, dimensión de conexiones y accesos.

En las tablas del apartado de anejos se presentan las distintas alternativas metodológicas de muestreo y análisis recomendadas por el Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino a través del portal PRTR-España, aplicables a los dos parámetros atmosféricos solicitados al sector maltero.

En las sublistas que ha elaborado la Dirección General del Medio Ambiente de la Comisión Europea se indican con carácter orientativo cuáles son las sustancias que pueden ser emitidas a la atmósfera por las actividades de tratamiento y transformación destinados a la fabricación de productos alimenticios a partir de materia prima vegetal, entre las que se encuentran las malterías. En el apartado de anexos se indican estas sustancias y los correspondientes umbrales de emisión por encima de los cuales se debe remitir la correspondiente información.

Al igual que lo que ocurre en el caso de las aguas residuales, en la mayoría de los casos, la información facilitada por el titular de un complejo incluirá menos contaminantes que los enumerados en la mencionada sublista por no ser característicos de las emisiones generadas en las malterías.

5.3.3. Valores límite actuales en la legislación española y europea

Los requisitos exigidos para las emisiones atmosféricas de aquellas actividades industriales incluidas en el anexo 1 de la Ley 16/2002 se regulan en la Autorización Ambiental Integrada, expedida por la comunidad autónoma en la que radique la instalación.

El cuerpo legal básico en materia de contaminación atmosférica está constituido por las tres disposiciones siguientes:

- Ley 34/2007, de 15 de noviembre de 2007, de calidad del aire y protección atmosférica.
- Decreto 833/1975, de 6 de febrero.
- Orden de 18/10/76 sobre Prevención y Corrección de la Contaminación Industrial de la Atmósfera.

En el anexo IV del Decreto 833/75 se establecen los niveles de emisión de contaminantes para 26 tipos de actividades industriales, entre las que no se encuentra la industria maltera. Por lo tanto, los límites de emisión que en principio serían de aplicación son los indicados en el punto 27 del anexo IV.

Tabla 18. Niveles de emisión del punto 27, “Actividades industriales diversas no especificadas” en el anexo IV del Decreto 833/1975

Parámetro	Unidad de medida	Nivel de emisión
Partículas sólidas	mg/Nm ³	150
SO ₂	mg/Nm ²	4.300
CO	ppm	500
NOx (medido como NO ₂)	ppm	300
Opacidad	Escala de Ringelmann Escala de Bacharach	

5.4. Subproductos/residuos

El control de subproductos y residuos en una instalación maltera debe considerar todo el proceso de gestión interna de estos materiales que incluye desde la caracterización, clasificación y cuantificación del subproducto/residuo, el patrón de generación, las condiciones de recogida, almacenamiento y acondicionamiento, hasta su cesión a un gestor autorizado.

Caracterización y cuantificación

En primer lugar conviene indicar que se considera “residuo” cualquier sustancia u objeto del cual su poseedor se desprenda o del que tenga la intención u obligación de desprenderse (artículo 3, Ley 10/1998, de 21 de abril, de Residuos).

El objetivo de la clasificación de los subproductos/residuos es en primer lugar determinar su adecuación en el marco de la legislación. Esta clasificación determinará en gran medida las condiciones en las que se deberá realizar la recogida, almacenamiento, acondicionamiento y gestión final del mismo.

Los residuos generados en la industria maltera están regulados por la Ley 10/1998, de residuos y el RD 833/88, de residuos peligrosos. Estos residuos se codifican según la Lista Europea de Residuos (LER) que figura en la Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos.

En la industria maltera en general, no es preciso realizar ensayos analíticos para clasificar los residuos pues en la legislación aplicable existen tablas y listados con descripciones precisas que permiten identificar cada tipo de residuo generado con un código o denominación específica.

Una vez realizada la clasificación de los residuos se debe proceder a su cuantificación mediante balances de masas o directamente por pesada en báscula, cuyos valores quedarán reflejados además en los documentos que avalan su cesión a un gestor externo.

Al final de este capítulo puede verse a modo de ejemplo, una tabla de clasificación de los residuos típicos de la industria maltera.

Recogida, almacenamiento y acondicionamiento en la instalación

La segregación en origen es una regla básica, además de ser un requisito legal, que siempre debe observarse para realizar una correcta gestión interna de subproductos y residuos, con el fin primordial de evitar la mezcla de tipologías distintas de materiales. Por tanto, cada tipo de material se deberá recoger, almacenar y en su caso identificar adecuadamente para asegurar el cumplimiento de la legislación y optar por la mejor gestión final de los mismos. En algunos casos, es posible acondicionar los subproductos/residuos (deshidratación, prensado, etc.) para mejorar las condiciones de su gestión final.

5.4.1. Subproductos/restos orgánicos

En esta categoría se incluyen los subproductos más abundantes de los generados en las industrias del sector maltero, como son pajillas, finos, los restos de cebada y los restos de malta incluyendo raicillas.

Son restos orgánicos procedentes directamente del procesado de la malta que no sufren modificaciones posteriores y por tanto tradicionalmente han sido considerados como subproductos. Se suelen utilizar para alimentación animal fundamentalmente.

Sin embargo, para asegurar un correcto aprovechamiento, estos subproductos deberán recogerse y almacenarse de forma segregada. Además, se deberá tener en cuenta su carácter orgánico y su humedad a la hora de determinar las mejores condiciones de almacenamiento.

En el caso de que estos subproductos no puedan ser aprovechados para estos fines, y por tanto pasen a ser considerados como residuos orgánicos, es posible utilizar técnicas de valorización como el compostaje con otros materiales, la biometanización, la gasificación o la obtención de sustancias de valor añadido para la

industria agroalimentaria, química o farmacéutica, si bien las cantidades de subproducto generadas son relativamente pequeñas (por ejemplo se producen entre 4 – 6,3 Kg de polvo de malta por tonelada de malta).

En términos relativos, su tasa de generación dependerá de la materia prima utilizada, el tipo de cebada empleada en la fabricación de la malta y otros factores relacionados con el cosechado y transporte del cereal.

Los principales medidas de control aplicables a los subproductos/residuos orgánicos de malterías (finos de malta acabada y cebada, restos de malta acabada y cebada, y raicillas), se basan en:

- la separación de los diferentes tipos de subproductos en sus puntos de generación para conseguir una correcta segregación de materiales, evitando la mezcla de materiales que van a tener un destino diferente;
- registro de los tipos y cantidades generadas;
- almacenamiento apropiado cumpliendo con las exigencias mínimas de higiene y seguridad;
- tiempo de permanencia en las instalaciones adecuado al destino final que se le va a dar;
- entrega a gestores autorizados para su posterior valorización o eliminación;
- la opción de aprovechamiento más habitual de los subproductos/residuos orgánicos generados en las instalaciones malteras es el uso del polvo y restos de malta y cebada para la alimentación del ganado.

5.4.2. Peligrosos

Como ya se comentó en el capítulo 3, los residuos peligrosos que se generan en el sector maltero constituyen la categoría menos abundante en el cómputo global de los residuos generados. Son residuos que se generan en las actividades de mantenimiento de la instalación y que son comunes a los que se puedan generar en este tipo de actividades de cualquier otro tipo de sector industrial. Las actividades de limpieza y desinfección de equipos e instalaciones también generan residuos peligrosos, fundamentalmente envases.

Los materiales más relevantes de este grupo suelen ser envases que han contenido sustancias peligrosas, aceites usados, disolventes, tubos fluorescentes, baterías y otros, como residuos de enfermería o laboratorio. Estos residuos están claramente identificados en la lista europea de residuos (LER).

A pesar de su escaso volumen relativo de generación en las malterías, este tipo de residuos está sujeto a una normativa básica y específica que prescribe ciertas obligaciones de control y gestión.

La legislación básica sobre la producción y la gestión de los residuos peligrosos descansa sobre la Ley 10/1998, de 21 de abril, de Residuos. Esta ley derogó a la anterior Ley 20/1986, de 14 de mayo, Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos. No obstante, se mantiene vigente el Real Decreto 833/1988, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986, así como el Real Decreto 952/1997, de 20 de junio, por el que se modifica el Real Decreto 833/1988.

En esta legislación se establecen dos procedimientos de autorización y registro para los productores de residuos peligrosos:

- Instalaciones con una producción de hasta 10 t/año sujetas a la inscripción en el Registro de Pequeños Productores de Residuos Peligrosos
- Instalaciones con una producción de residuos peligrosos superior a 10 t/año, que requieren de una autorización como productores de residuos peligrosos.

Para las actividades incluidas en el anexo 1 de la Ley 16/2002, de 1 de julio, de Prevención y Control Integrados de la Contaminación, la Autorización Ambiental Integrada integra la autorización del productor de residuos en cantidad superior a 10 t/año. En todo caso, las instalaciones industriales deben cumplir con las medidas de control y gestión de residuos peligrosos especificados en la legislación.

Dentro de los distintos tipos de residuos que forman la categoría de los residuos peligrosos, los aceites usados están sujetos además de a la legislación básica citada hasta ahora, a una normativa específica recogida en Real Decreto 679/2006, de 2 de junio, por el que se regula la gestión de los aceites industriales usados.

5.4.3. Residuos no peligrosos

Residuos asimilables a urbanos

En las plantas malteras se generan una serie de residuos clasificados como no peligrosos y que por sus características pueden asimilarse a los producidos en los domicilios particulares.

Dentro de esta categoría de residuos se incluye el vidrio, plástico, cartón, metales, madera, basura procedente de los servicios de cafetería, restaurante o jardinería y otros como el material de oficina.

La mayor parte de estos residuos se producen en las operaciones de desembalaje de materiales entrantes, especialmente el plástico y cartón que protege a los envases no reutilizables y otros materiales auxiliares.

La generación de este tipo de residuo por las industrias malteras es muy poco significativa.

En cualquier caso, se debe prestar especial atención a una correcta segregación de los distintos tipos de residuos de acuerdo al material principal que lo constituye. La correcta segregación y almacenamiento interno es muy importante por el alto potencial de reciclaje que tienen estos residuos en empresas externas.

Lodos de depuradora

Los lodos de depuradora de industrias malteras pueden ser valorizados como material orgánico en la actividad agraria atendiendo a los requisitos establecidos en el Real Decreto 1310/1990, de 29 de octubre, por el que se regula la utilización de los lodos de depuración en el sector agrario, y la Orden de 26 de octubre de 1993 sobre la utilización de lodos de depuración en el sector agrario.

Las medidas de control generales aplicables a los lodos de depuradora son las mismas que pueden aplicarse a los residuos asimilables a urbanos en cuanto a su gestión interna se refiere, es decir las condiciones de recogida, segregación, almacenamiento y entrega deben ser las observadas en la Ley 10/1998 de Residuos y en el Real Decreto 1310/1990.

Tabla resumen de los posibles subproductos / residuos generados en la industria maltera

En esta tabla 19 se muestran a modo de ejemplo algunos de los subproductos/residuos más habituales de las industrias del sector maltero. No obstante, cada centro productivo debe identificar, clasificar y cuantificar aquellos que efectivamente se generen en sus instalaciones.

Tabla 19. Subproductos/residuos más habituales en la industria maltera

Denominación	Código LER (1) (* indica residuo peligroso)
subproductos orgánicos (polvo y restos de malta y cebada)	020701
lodos depuradora	020305
tubos fluorescentes	200121*
aceites usados	130204* ó 130205* ó 130206* ó 130207* ó 130208*
trapos y papel absorbente usados	150202*
envases de productos peligrosos	150110*
residuos de laboratorio	160506*
disolventes	140602* ó 140603* ó 200113*
vidrio	150107 ó 200102
papel y cartón	150101 ó 200101
madera y palets	150103 ó 200138
plástico	150102 ó 200139
metal	150104 ó 200140

(1) sistema de codificación asociado a la Lista Europea de Residuos (LER) que figura en la *Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero*

Capítulo 6.

Técnicas emergentes y en desuso

6.1. Técnicas emergentes

En este apartado se presentan las técnicas ambientalmente avanzadas pero que no alcanzan la viabilidad técnico-económica necesaria o no se encuentran totalmente desarrolladas para el sector.

6.1.1. Automatización de las operaciones de germinación

Operaciones implicadas: Germinación

Descripción: Durante el proceso de germinación, la cebada ha de mantenerse en unas condiciones de temperatura y humedad determinadas en las cajas de germinación a la vez que se aporta el aire necesario para que el grano respire y para eliminar el CO₂ producido. A la hora de implementar un sistema de automatización de la atmósfera de germinación, es necesario instalar sondas de temperatura y humedad y de sensores de CO₂ en los puntos relevantes del sistema. En función del valor del parámetro medido, estos elementos de medición envían señales eléctricas a un PLC (controlador lógico programable) que las procesa conjuntamente para elaborar una orden de control. Esta orden de control se envía automáticamente a los distintos elementos del sistema (válvulas, ventiladores, interruptores) que regulan la temperatura y los caudales de aire y agua de forma que la atmósfera de germinación se ajusta a los parámetros consignados para el tipo de grano que se procesa.

Descripción de la mejora ambiental: La automatización de la atmósfera de germinación reduciría el consumo de agua y electricidad al permitir un ajuste más preciso entre el aporte de agua o aire y las necesidades de humedad y ventilación del grano que realizado por operadores humanos. Asimismo, la automatización redundaría en un mayor rendimiento del proceso de germinación, al tener el maestro maltero un seguimiento y control más preciso del proceso que contribuye a reducir las mermas de producto.

Estado de desarrollo en la industria malterera: Las industrias malteras hacen un seguimiento de la temperatura y humedad en las cajas de germinación por medio de sondas. Asimismo, el maestro maltero puede operar de forma semiautomática los distintos dispositivos de regulación de la atmósfera de germinación. Las malterías no cuentan por el momento con sistemas de control que regulen automáticamente el funcionamiento de los distintos elementos de acondicionamiento de aire en función de las variables medidas por las sondas, por lo que han de basarse en la experiencia y criterio del maestro maltero para conseguir una germinación satisfactoria de la cebada.

6.1.2. Utilización de tostadores de doble lecho

Operaciones implicadas: Secado / Tostación secado

Descripción: La tostación de la malta es un proceso por lotes en el que el aporte de calor se hace de forma gradual en función del grado de humedad de la malta y de las características del producto que se quiere obtener. El proceso comienza con una fase de secado y termina con una tostación suave del cereal germinado. El empleo de hornos tostadores de lecho doble permitiría acoplar ambas fases de forma que el calor

residual de los gases de escape del lecho en fase de tostado se aprovechase para secar el lecho adyacente, lo que redundaría en un ahorro significativo de energía térmica.

Descripción de la mejora ambiental: El empleo del calor residual de tostación para llevar a cabo el secado supondría un ahorro importante de combustibles fósiles que tendría asociado una disminución en las emisiones de gases tóxicos y de efecto invernadero a la atmósfera.

Estado de desarrollo en la industria maltera: Las industrias malteras aprovechan en parte el calor residual del proceso de tostación. El empleo de hornos de doble lecho está limitado por el alto coste que la instalación de este tipo de equipos conlleva.

6.1.3. Reutilización de AR depurada en procesos no productivos.

Descripción: El agua residual depurada, puede usarse en procesos, usos no productivos, como riego de zonas verdes, limpieza de equipos e instalaciones de EDAR.

Descripción de la mejora ambiental: se produce una importante reducción del consumo de agua y como consecuencia, una disminución del volumen de vertido de agua residual. Reducción de gastos relacionados con la preparación del agua de fabricación y de los cánones de consumo de agua y vertido de agua residual.

Estado de desarrollo: Es posible su implementación con un bajo coste de instalación si el grado de depuración de la EDAR es alto. El RD 1620/2007 establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas.

6.1.4. Aprovechamiento del biogás generado en las instalaciones de digestión anaerobia de aguas residuales

Descripción: El biogás generado en el proceso anaerobio de depuración de aguas tiene una riqueza en metano que generalmente oscila entre el 65-80%. La utilización de este biogás como combustible es una mejor tecnología disponible en las empresas que posean este tipo de sistema de depuración y siempre que la cantidad de gas generada haga viable técnica y económicamente la instalación.

Para poder utilizar el biogás como combustible, es necesario eliminar previamente algunos gases (como el ácido sulfídrico) que pueden causar problemas de corrosión en los equipos y cuya eliminación puede condicionar la viabilidad del sistema. El poder calorífico inferior del biogás oscila entre 22-25 MJ/Nm³, dependiendo de su riqueza en metano.

Descripción de la mejora ambiental: Además del ahorro económico derivado de la reducción del consumo de combustible, se consigue reducir la emisión de metano a la atmósfera (gas que contribuye al efecto invernadero con una eficacia 20 veces superior al CO₂ generado en su combustión). En todo caso habrá que instalar una antorcha para quemar el biogás que no pueda ser valorizado.

Estado de desarrollo: La tecnología está disponible para instalaciones que dispongan de sistemas de digestión anaerobia de aguas residuales.

6.2. Técnicas en desuso

6.2.1. Secado con gas de combustión directo

Hace unos años, era común que el calor necesario para el secado y la tostación de la cebada germinada se aportase poniendo en contacto directo el grano germinado con el gas de combustión del horno o caldera co-

rrespondiente. Esta forma de secado ha dejado de usarse por afectar negativamente a la calidad de la malta producida y por suponer un riesgo para la salud humana al reaccionar los componentes de la malta con gases del tipo NOx generando nitrosaminas, sustancias identificadas como carcinogénicas.

6.2.2. Remojado por pulverización de agua

El remojado se realizaba en instalaciones abiertas rociando el cereal con agua mediante difusores colocados a cierta altura sobre la superficie de la masa de grano. Esta técnica fue sustituida progresivamente por la de inmersión por permitir esta última un mejor control del proceso y garantizar un grado de humedad homogéneo en todo el lecho del cereal.

Anejos

Métodos de muestreo y medición de parámetros PRTR que afectan a las aguas

Según el Reglamento E-PRTR, el titular de cada complejo que realice una o varias actividades de las incluidas en el anexo I por encima de los umbrales de capacidad recogidos en el mismo comunicará anualmente a la autoridad competente las emisiones al agua o transferencias fuera del emplazamiento en aguas residuales de cualquiera de los contaminantes incluidos en el anexo II cuyo umbral, igualmente especificado en dicho anexo, hubiera sido superado.

El Anexo II del Reglamento E-PRTR incluye una lista de 91 sustancias contaminantes, de los cuales sólo algunos pueden estar presentes en las emisiones de las malterías. Por ello, la Dirección General del Medio Ambiente de la Comisión Europea ha elaborado unas sublistas en las que se señalan con carácter orientativo los parámetros que pueden ser emitidos por las diferentes actividades industriales. En la Tabla 20 se indican las sustancias contaminantes que pueden llegar a ser emitidos al agua por las actividades de “Tratamiento y transformación destinados a la fabricación de productos alimenticios a partir de materia prima vegetal”, entre las que se encuentran las instalaciones dedicadas a la elaboración de malta. Se indican asimismo los umbrales de emisión por encima de los cuales hay que informar sobre dichas emisiones.

Tabla 20. Lista orientativa de sustancias contaminante sobre las que hay que informar las emisiones al agua o transferencias en las aguas residuales cuando superen valores umbrales indicados

Sustancia contaminante	Valor umbral kg/año
Nitrógeno total	50.000
Fósforo total	5.000
Arsénico y compuestos (como As)	5
Cadmio y compuestos (como Cd)	5
Cromo y compuestos (como Cr)	50
Cobre y compuestos (como Cu)	50
Mercurio y compuestos (como Hg)	1
Níquel y compuestos (como Ni)	20
Plomo y compuestos (como Pb)	20
Zinc y compuestos (como Zn)	100
Fenoles (como C total)	20
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP)	5
Carbono orgánico total (COT) (como C total o DQO/3)	50 000
Cloruros (como Cl total)	2 millones
Fluoruros (como F total)	2.000
Fluoranteno	1
Benzo(g, h, i)perileno	1

Muchos de los parámetros de emisión al agua sometidos a control para la notificación por el sector maltero, disponen de métodos comunes de toma de muestras recomendados por el Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino a través del portal PRTR-España (www.prtr-es.es), de los cuales se hace un resumen en la siguiente tabla.

Tabla 21. Métodos recomendados de muestreo de aguas residuales (Fuente: PRTR-España. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino)

Métodos recomendados para la toma de muestras de N, P, COT y Cl-			
Fuentes	Método de muestreo	Norma de referencia (1)	Observaciones
	Las tomas de muestras serán convenientemente preservadas y analizadas conforme a las normas de los "Métodos Normalizados de Análisis de Aguas Potables y Residual" de la APHA-AWWA-WEF	Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water	
	Parte 1: Guía para el diseño de los programas de muestreo	UNE-EN 25667-1:1995	Utilizado por OCAs (2)
	Parte 2: Guía para las técnicas de muestreo	UNE-EN 25667-2:1995	Utilizado por OCAs
	Parte 3: Guía para la conservación y manipulación de las muestras	UNE-EN ISO 5667-3:1996	Utilizado por OCAs
	Especificaciones técnicas de carácter general para los instrumentos que realizan las mediciones en continuo	UNE 77077:2002	
Aguas residuales	Métodos suficientemente contrastados por organismos oficiales y/o entidades nacionales o internacionales de reconocido prestigio, que alcancen los requisitos de límite de detección, exactitud y precisión		

(1) Las Normas de referencia UNE han sido actualizadas con las nuevas versiones aparecidas desde el momento de su publicación en el portal PRTR-España.

(2) OCA: Organismo de Control Autorizado.

En las tablas siguientes se exponen las distintas metodologías de medición específicas recomendadas por el Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, que pueden utilizarse por el sector maltero.

Tabla 22. Métodos recomendados de medición del COT (Fuente: PRTR-España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino)

Métodos recomendados de medición del Carbono Orgánico Total (COT)			
Fuentes	Método analítico	Norma de referencia ⁽¹⁾	Observaciones
Aguas para uso industrial y aguas residuales industriales	Determinación de la DQO por espectrofotometría UV-VIS (método del dicromato potásico)	UNE 77004:2002	Equivalente a las normas: ISO 6060:1989 NFT 90-101:2001 EPA 410.4 (1978)
	Determinación de COT	UNE-EN 1484:1998	Propuesta en la Guía EPER de la Comisión Europea(2)
	Determinación de la DQO en muestras con contenidos salinos > 2g/l. Método alternativo	Standard Methods SM 5220 (20 ^a Ed.)	
	Determinación de la DQO en muestras con contenidos salinos < 50 mg/l. Reflujo abierto	SM 5220 B 4b (17 ^a Ed.)	
Aguas residuales y lixiviados	DQO por titulación volumétrica	NFT 90-101:2001 DIN 38414-9:1986 SM 5220 C (17 ^a Ed.)	Utilizada por laboratorios de inspección
	DQO por espectrofotometría UV-VIS. Reflujo cerrado	SM 5220 D (19 ^a Ed.)	Utilizada por laboratorios de inspección
	Determinación de COT y COD (carbono orgánico disuelto)	Método italiano estándar 5310 C	Propuesta en la Guía EPER de la Comisión Europea
	Determinación de COT y COD	ISO 8245:1999	Propuesta en la Guía EPER de la Comisión Europea
	Determinación de COT por espectrofotometría IR	EPA 415.1 (1974) SM 5310 B (17 ^a Ed.) SM 5310 B (20 ^a Ed.)	Utilizado por laboratorios de inspección Utilizado por OCAs
Aguas naturales subterráneas y residuales	Determinación de COT mediante un detector de IR del CO ₂ (obtenido por oxidación química del carbono orgánico). Método alternativo		Utilizado por OCAs
	Determinación de la DQO en muestras con contenidos salinos > 3g/l	SM 508 D (16 Ed.)	
	Determinación de COT por oxidación y espectrometría IR	EPA 415.1 (1974 Rev.)	Utilizado por laboratorios de inspección

(1) Las Normas de referencia UNE han sido actualizadas con las nuevas versiones aparecidas desde el momento de su publicación en el portal EPER-España.

(2) Traducción al español: "Documento de orientación para la realización del EPER", disponible en el portal de EPER-España.

Tabla 23. Métodos recomendados de medición de cloruros (fuente: PRTR-España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino)

Métodos recomendados de medición de Cloruros			
Fuentes	Método analítico	Norma de referencia ⁽²⁾	Observaciones
Aguas débilmente contaminadas (1)	Medición por espectrometría de absorción molecular		
	Medición por titrimetría		
	Determinación por cromatografía iónica en fase líquida. Parte 1 y 4	UNE-EN-ISO 10304-1 :1995 UNE-EN-ISO 10304-4 :1999	Propuesta en la Guía EPER de la Comisión
Aguas naturales y residuales	Determinación por cromatografía iónica en fase líquida. Parte 2	UNE-EN-ISO 10304-2 :1997	
industriales	Análisis por inyección en flujo/análisis en flujo continuo (FIA/CFA)	DIN 38405-1:1985	Propuesta en la Guía EPER de la Comisión
	Determinación por potenciometría	SM 4500 D (20 ^a Ed.) CNR-IRSA 4070 UNE 77041:2002	Utilizada por OCAs Propuesta en la Guía EPER de la Comisión
	Titulación volumétrica (método argentométrico)	UNE 77041:2002 SM 4500-Cl- B (20 ^a Ed.)	Utilizado por laboratorios de inspección

(1) Métodos diseñados para analizar el agua potable, pero en determinadas condiciones pueden utilizarse con las aguas residuales

(2) Las Normas de referencia UNE han sido actualizadas con las nuevas versiones aparecidas desde el momento de su publicación en el portal EPER-España.

Tabla 24. Métodos recomendados de medición del nitrógeno (Fuente: PRTR-España.

Métodos recomendados de medición del Nitrógeno (en sus distintas formas químicas)			
Fuentes	Método analítico	Norma de referencia ⁽¹⁾	Observaciones
Aguas naturales, residuales y subterráneas	Determinación de nitrógeno, parte 1.		Propuesta en la Guía EPER de la Comisión
	Método por mineralización oxidante con peroxidisulfato	UNE-EN-ISO 11905-1:1998	
	Reducción/quimioluminiscencia	EN V 12260: 2003	Propuesta en la Guía EPER de la Comisión

Métodos recomendados de medición del Nitrógeno (en sus distintas formas químicas)

Fuentes	Método analítico	Norma de referencia ⁽¹⁾	Observaciones
	Oxidación-reducción/ quimioluminiscencia		Propuesta en la Guía EPER de la Comisión
	Determinación de nitrógeno total por espectrofotometría UV/VIS (método del ácido cromotrópico)	Procedimiento interno basado en SM 4500-Norg D	Utilizado por laboratorios de inspección
	Determinación de nitrógeno amoniacial y Kjeldahl por titulación volumétrica	SM 4500-Norg B (17 ^a Ed.) SM 4500-NH3 E (17 ^a Ed.)	Utilizado por laboratorios de inspección
	Determinación de nitrógeno total por espectrofotometría UV-VIS	Perkin Elmer	Utilizado por OCAs
Aguas potables, naturales y residuales	Determinación de nitritos por espectrofotometría de absorción molecular	UNE-EN 26777:1994	Equivalente a ISO 6777:1984
	Determinación de nitritos por espectrofotometría UV-VIS (método de diazotación)	EPA 354.1	Utilizado por laboratorios de inspección
Aguas subterráneas, potables, superficiales y residuales	Determinación de nitrito y nitrato y la suma de ambos por análisis por inyección de flujo (CFA/FIA) con detección espectrométrica		UNE-EN-ISO 13395:1997
Aguas residuales	Determinación de nitritos, y nitratos disueltos por cromatografía iónica en fase líquida, parte 2		UNE-EN-ISO 10304-2:1997
	Determinación de nitritos y nitratos por inyección de flujo (FIA)/ espectrofotometría UV-VIS (método de diazotación)	EPA 353.2 (1978)	Utilizado por laboratorios (de inspección)
Aguas naturales y residuales	Determinación de nitratos por espectrofotometría UV-VIS (método de la reducción con cadmio)	SM 4500-NO ₃ B y E (17 ^a Ed.) SM 4500-NO ₃ E (19 ^a Ed.)	Utilizado por laboratorios (de inspección)
	Determinación de nitratos por potociometría	SM 4500-NO ₃ D 19 ^a Ed.)	Utilizado por laboratorios de inspección
Aguas naturales, potables y residuales	Determinación de nitrógeno Kjeldahl por el método de mineralización con selenio		UNE-EN 25663:1994

Métodos recomendados de medición del Nitrógeno (en sus distintas formas químicas)

Fuentes	Método analítico	Norma de referencia ⁽¹⁾	Observaciones
Aguas naturales y residuales	Determinación de nitrógeno Kjeldahl total por quimioluminiscencia	ASTM D-5176 (1991)	Utilizado por laboratorios de inspección
Lixiviados	Determinación de nitrógeno Kjeldahl. Mineralización, destilación por el método Kjeldahl y determinación del amonio por espectrometría de absorción molecular o titrimetría		
	Determinación de nitrógeno Kjeldahl por titulación volumétrica	NF EN 25663:1994 DIN 38414:1984	Utilizado por laboratorios de inspección
	Determinación de nitrógeno Kjeldahl por volumetría	SM 4500 Norg B (19 ^a Ed.) SM 4500 NH3 E (19 ^a Ed.)	Utilizado por laboratorios de inspección
	Determinación de amoniaco por espectrofotometría de absorción molecular	-	-
	Determinación de amoniaco por el método del electrodo selectivo	-	-
Aguas residuales	Determinación de amoniaco por el método titulométrico	-	-
litorales y continentales	Determinación de nitrógeno amoniacial por inyección en flujo (CFA/FIA) y detección espectrométrica	UNE-EN-ISO 11732/1M:1999 UNE-EN-ISO 11732/1M:1999	
	Determinación de nitrógeno amoniacial por el procedimiento de destilación	UNE 77028:2002	-
	Determinación de amonio por inyección de flujo (FIA)/espectrofotometría UV-VIS (método de indofenol)	EPA 350.1 (1978)	Utilizado por laboratorios de inspección
	Determinación de amonio por electrometría (potenciometría)	EPA 350.3 (1974)	Utilizado por laboratorios de inspección
	Determinación de nitrógeno amoniacial por titulación volumétrica	SM 4500-NH3 B y E (18 ^a Ed.) DIN 38414:1984	Utilizado por laboratorios de inspección

(1) Las Normas de referencia UNE han sido actualizadas con las nuevas versiones aparecidas desde el momento de su publicación en el portal EPER-España

Tabla 25. Métodos recomendados de medición del fósforo total (fuente: PRTR-España. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino)

Métodos recomendados de medición del P Total			
Fuentes	Método analítico	Norma de referencia ⁽¹⁾	Observaciones
	Peroxidisulfato/inyección de flujo	DIN 38405-30	Propuesta en la Guía EPER de la Comisión
Toda clase de aguas, incluidas los efluentes y aguas del mar	Determinación por el método espectrométrico con molibdato amónico	UNE-EN 1189:1997	Propuesta en la Guía EPER de la Comisión
		SM 4500-P D (17 ^a Ed.)	
		SM 4500-P C (19 ^a Ed.)	Utilizados por
Aguas residuales y lixiviados	fósforo disuelto por espectrofotometría F UV-VIS	SM 4500-P B y E (20 ^a Ed.)	laboratorios de inspección
		NFT 90-023:1997	
		Aptdo. 5.1	y OCAs
		DIN 38414:1984	
	Determinación de ortofosfato disuelto por cromatografía iónica en fase líquida	UNE-EN-ISO 10304-2:1997	
Aguas residuales	Fósforo total por espectrofotometría UV-VIS (método del ácido ascórbico)	SM 4500-P E (17 ^a Ed.)	Utilizado por
		SM 4500-P B y E (20 ^a Ed.)	laboratorios de inspección
	Fósforo total por espectrofotometría UV-VIS (método del ácido vanadomolibdofosfórico)	SM 4500-P A, B y C (17 ^a Ed.)	Utilizado por
			laboratorios de inspección
Aguas naturales o residuales	Fosfatos por inyección de flujo/ espectrofotometría UV-VIS (método del ácido ascórbico)	EPA 365, parte 1 y 4 (1978)	Utilizado por
			laboratorios de inspección

(1) Las Normas de referencia UNE han sido actualizadas con las nuevas versiones aparecidas desde el momento de su publicación en el portal EPER-España

Métodos de muestreo y medición de contaminantes PRTR atmosféricos

La Dirección General del Medio Ambiente de la Comisión Europea ha elaborado unas sublistas en las que se señalan con carácter orientativo los parámetros que pueden ser emitidos a la atmósfera por las actividades industriales de “Tratamiento y transformación destinados a la fabricación de productos alimenticios a partir de materia prima vegetal”, entre las que se encuentran las instalaciones dedicadas a la elaboración de malta. Se indican asimismo los umbrales de emisión por encima de los cuales hay que informar sobre dichas emisiones .

Tabla 26. Lista orientativa de sustancias contaminante sobre las que hay que informar las emisiones a la atmósfera cuando superen valores umbrales indicados

Sustancia	Umbra de emisión a la atmósfera (kg/año)
Metano (CH ₄)	100 000
Monóxido de carbono (CO)	500 000
Dióxido de carbono (CO ₂)	100 millones
Hidrofluorocarburos (HFC)	100
Óxido nitroso (N ₂ O)	10 000
Amoniaco (NH ₃)	10 000
Compuestos orgánicos volátiles distintos del metano (COVDM)	100 000
Óxidos de nitrógeno (NOx /NO ₂)	100 000
Óxidos de azufre (SOx /SO ₂)	150 000
Arsénico y compuestos (como As)	20
Cadmio y compuestos (como Cd)	10
Mercurio y compuestos (como Hg)	10
Níquel y compuestos (como Ni)	50
Diclorometano (DCM)	1 000

En las siguientes tablas se presentan las distintas alternativas metodológicas de muestreo y análisis recomendadas por el Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino a través del portal EPER-España, aplicables a los dos parámetros atmosféricos solicitados al sector maltero.

Tabla 27. Métodos recomendados de muestreo y medición de CO₂ (fuente: EPER-España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino)

Métodos recomendados para la toma de muestras de CO₂			
Fuentes	Método de muestreo	Norma de referencia⁽¹⁾	Observaciones
	Análisis de gas. Preparación de las mezclas de gases para calibración. Método de permeación	UNE 77238:1999	Equivalente a ISO 6349:1979
Fuentes fijas de emisión	Muestreo no isocinético	DIN 33962:1997	Utilizado por OCAs

Métodos de medición recomendados			
Fuentes	Método analítico	Norma de referencia⁽¹⁾	Observaciones
Fuentes fijas de emisión	Determinación in situ mediante células electroquímicas		Utilizado por OCAs

(1) Las Normas de referencia UNE han sido actualizadas con las nuevas versiones aparecidas desde el momento de su publicación en el portal EPER-España

Tabla 28. Métodos recomendados de muestreo y medición de NO_x (fuente: EPER-España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino)

Métodos recomendados para la toma de muestras de NO_x			
Fuentes	Método	Norma de referencia⁽¹⁾	Observaciones
Fuentes fijas de emisión	Muestreo no isocinético	DIN 33962:1997	Utilizado por OCAs
Emisiones de fuentes estacionarias	Determinación de las concentraciones máximas de óxidos de nitrógeno. Características de funcionamiento de los sistemas automáticos de medida	UNE 77224:2000	Equivalente a ISO 10489:1996

Métodos recomendados para la toma de muestras de NOx

Fuentes	Método	Norma de referencia ⁽¹⁾	Observaciones
Fuentes fijas de emisión	Muestreo no isocinético	DIN 33962:1997	Utilizado por OCAs
	Toma de muestra	método EPA 7 (1986) método EPA 7 (1990)	Utilizada por laboratorios de inspección
Fuentes fijas de emisión	Toma de muestra	DIN 33962:1997	-
	Análisis de gas. Preparación de las mezclas de gases para calibración.	UNE 77238:1999	Equivalente a ISO 6349:1979
	Método de permeación		

Nota: En el momento de la redacción de este documento, y conforme a la información disponible en ese momento en el portal de EPER España, el grupo de trabajo 9 del Comité Técnico 264 del CEN estaba trabajando en aspectos referentes al aseguramiento de la calidad de los sistemas de medición automatizados.

Métodos de medición recomendados

Fuentes	Método analítico	Norma de referencia (1)	Observaciones
Fuentes fijas de emisión	Determinación de las concentraciones básicas de óxidos de nitrógeno.	UNE 77224:2000	Propuesta en la Guía EPER de la Comisión
	Características de funcionamiento de los sistemas automáticos de medida	(Equivalente a ISO 10489:1996)	
	Determinación de la concentración básica de óxidos de nitrógeno.	UNE 77228:2002	Propuesta en la Guía EPER de la Comisión
	Método fotométrico de la naftilendiamina (NEDA)	(Equivalente a ISO 11564:1998)	
Fuentes fijas de emisión	Determinación de óxidos de nitrógeno (NOx) por espectrofotometría UV-VIS	método EPA 7 (1990) método EPA 7 (1986)	Utilizada por laboratorios de inspección
	Determinación in situ mediante células electroquímicas		Utilizado por OCAs

Nota: En el momento de la redacción de este documento, y conforme a la información disponible en ese momento en el portal de EPER España, el grupo de trabajo 16 del Comité Técnico 264 del CEN estaba trabajando en el desarrollo de una nueva norma aplicable a los NOx.

(1) Las Normas de referencia UNE han sido actualizadas con las nuevas versiones aparecidas desde el momento de su publicación en el portal EPER-España

GLOSARIO

Abreviaturas

AAI	Autorización ambiental integrada
AFNOR	Association Française de Normalisation
ANSI	American National Standards Institute
APHA	American Public Health Association
ASTM	American Society for Testing and Materials
AWWA	American Water Works Association
BIA	Bajo índice de azufre
BREF	BAT reference document
CCAA	Comunidades Autónomas
CE	Conductividad eléctrica
(CE)	Comunidad Europea. Acrónimo que acompaña a todos los textos legislativos dictados en la Unión Europea (Directivas, Reglamentos y Decisiones)
CEMA	Centro para la Empresa y el Medio Ambiente
CEN	Comité Europeo de Normalización
CFA	Continuous flow analysis
CIP	Cleaning in place
Cl-	Cloruros
CNR-IRSA	Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto di Ricerca sulle Acque
COT	Carbono orgánico total
CTM	Conditional test method
DAF	Dissolved air flotation
DBO	Demanda bioquímica de oxígeno
DBO ₅	Demanda bioquímica de oxígeno medida después de 5 días de incubación
DIN	Deutsche Industrie Norm
DQO	Demanda química de oxígeno
EN	Norma Europea
EPA	United States Environmental Protection Agency
EPER	European Pollutant Emission Register
FIA	Flow injection analysis
IC	Internal circulation

I+D	Investigación más desarrollo
IEC	International Electrotechnical Commission
IPPC	Integrated Pollution Prevention and Control
IR	Infrarrojo
ISO	International Standard Organization
IVA	Impuesto sobre el valor añadido
LER	Lista europea de residuos
MTD	Mejor técnica disponible
NKT	Nitrógeno Kjeldahl total
PRTR	Pollutant Release and Transfer Register
OCA	Organismo de control autorizado
PRTR	European Pollutant Release and Transfer Register
RD	Real Decreto
SGMA	Sistema de gestión ambiental
SS	Sólidos en suspensión
T ^a	Temperatura
UASB	Upflow anaerobic sludge blanket
UE	Unión Europea
UNE	Una norma española
UV-VIS	Ultravioleta visible
VLE	Valor límite de emisión
WEF	Water Environment Federation

Elementos y compuestos químicos

CO	Monóxido de carbono
CO ₂	Dióxido de carbono
H ₂ S	Ácido sulfídrico
N	Nitrógeno
NEDA	Naftilendiamina
NH ₃	Amoniaco
NO	Monóxido de nitrógeno
NO ₂	Dióxido de nitrógeno
NOx	Óxidos de nitrógeno (NO+NO ₂)

NTA	Ácido nitrilotriacético
O ₂	Oxígeno molecular
P	Fósforo
PVPP	Polivinilpolipirrolidona
SO ₂	Dióxido de azufre
SO _x	Óxidos de azufre (SO ₂ +SO ₃)

Unidades de medida y símbolos

°C	grado Celsius
cl	centilitro
cm	centímetro
d	día
dBA	decibelio con ponderación normalizada A
g	gramo
h	hora
hl	hectólitro
kg	kilogramo
kWh	kilowatio-hora (1 kWh=3.600 kJ) (1 kWh=859,84 kcal)
l	litro
m	metro
m ³	metro cúbico
mg	miligramo
min	minuto
MWh	megawatio-hora
Nm ³	metros cúbicos normales. "N" indica que la concentración de una determinada sustancia en el aire se ha expresado en condiciones "normales" de presión y temperatura. Estas condiciones son T ^a = 0°C y P= 1 atm.
ppm	partes por millón
s	segundo
t	tonelada
µS	microsiemens
€	euro