

Guía de Mejores Técnicas Disponibles en España del sector cervecero

Guía de Mejores Técnicas Disponibles en España del sector cervecero



Guía de Mejores Técnicas Disponibles en España del sector cervecero



MINISTERIO
DE MEDIO AMBIENTE

2005

EQUIPO DE TRABAJO Y REDACCIÓN

Directora del equipo:

- Carmen Canales Canales. Ministerio de Medio Ambiente

Coordinador técnico:

- Alfredo Rodríguez Señor. AINIA
- Andrés Pascual Vidal. AINIA
- Fernando Collado García. AINIA

Colaboradores:

- Jacobo Olalla Marañón. Cerveceros de España
- Consejo Quesada López. Cerveceros de España
- Felipe Roca de Togores. Heineken España
- Esther Monfá Obach. Centro para la empresa y el Medio Ambiente (CEMA)
- Paloma Sánchez. FIAB
- M.^a Paz Santamaría Hergueta. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación
- Begoña Nava de Olano. TRAGSA

Edita: Centro de Publicaciones
Secretaría General Técnica
Ministerio de Medio Ambiente ©

I.S.B.N.: 84-8320-319-7
NIPO MMA: 310-05-062-9
Depósito Legal: M-45386 - 2005

Imprime: Solana e Hijos, A.G., S.A.

Impreso en papel reciclado al 100% totalmente libre de cloro

PRESENTACIÓN

El Sexto Programa Comunitario de Acción en Materia de Medio Ambiente, adoptado en julio de 2002, confirma que la aplicación y el cumplimiento más efectivos 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 integración 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 Disponible, 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 para la prevención de la contaminación, en especial mediante la aplicación de las Mejores Técnicas Disponibles, así como procurar que no se produzca ninguna contaminación importante, que los residuos inevitables se recuperen o se eliminen de manera segura, que se utilice la energía de manera eficiente, que se tomen medidas para prevenir los accidentes y, en 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, límites que deben estar basados necesariamente en las Mejores Técnicas Disponibles, el Ministerio de Medio Ambiente, siguiendo con la serie que inició en el 2003, publica esta **Guía de Mejores Técnicas Disponibles en España del Sector Cervecerero**.

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

Por último, es necesario destacar que los documentos de Mejores Técnicas Disponibles 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 entre los implicados, surjan nuevas iniciativas que puedan redundar en beneficio y mejora del medio ambiente.

JAIME ALEJANDRE MARTÍNEZ
Director General de Calidad
y Evaluación Ambiental
Ministerio de Medio Ambiente

ÍNDICE

PRÓLOGO	9
1 INFORMACIÓN GENERAL DEL SECTOR CERVECERO EN ESPAÑA	15
2 PROCESOS Y TÉCNICAS APLICADAS	23
2.1 FABRICACIÓN DE CERVEZA	27
2.1.1. Recepción y almacenamiento de materias primas	27
2.1.2. Molienda	28
2.1.3. Maceración	29
2.1.4. Filtración del mosto	30
2.1.5. Cocción	31
2.1.6. Clarificación del mosto	32
2.1.7. Enfriamiento del mosto	32
2.1.8. Fermentación	33
2.1.9. Guarda	34
2.1.10. Clarificación	34
2.1.11. Estabilización coloidal	36
2.1.12. Estabilización microbiológica	37
2.1.13. Envasado	38
2.2 CERVEZA SIN ALCOHOL	41
2.2.1. Técnicas de posfermentación	42
2.3 SERVICIOS AUXILIARES	42
2.3.1. Sala de calderas	43
2.3.2. Planta de frío	43
2.3.3. Planta de tratamiento del agua de proceso	44
2.3.4. Sala de recuperación de CO ₂	45
2.3.5. Sala de compresores	45
2.3.6. Centro de suministro eléctrico	45
2.3.7. Planta de depuración de aguas residuales	45
2.3.8. Mantenimiento de equipos, instalaciones y servicios	49
2.3.9. Almacén de productos químicos	49
2.4 LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN.	50
2.4.1. Limpieza de equipos e instalaciones	50
3 NIVELES ACTUALES DE CONSUMO Y EMISIÓN	53
3.1 ASPECTOS AMBIENTALES EN LAS INSTALACIONES CERVECERAS	55
3.2 NIVELES DE CONSUMO	56
3.2.1. Materiales	56
3.2.2. Agua	57
3.2.3. Energía	58

3.3 NIVELES DE EMISIÓN	60
3.3.1. Agua residual	60
3.3.2. Generación de residuos/subproductos.....	62
3.3.3. Emisiones atmosféricas.....	64
3.3.4. Olores.....	66
3.3.5. Ruido.....	67
4 MEJORES TÉCNICAS DISPONIBLES.....	69
4.1 INTRODUCCIÓN	69
4.2 CONSIDERACIONES GENERALES A LA APLICACIÓN DE LAS MTDS EN UNA INSTALACIÓN CERVECERA	70
4.2.1. Seguridad alimentaria	70
4.2.2. Especificaciones de producto.....	70
4.2.3. Viabilidad económica	71
4.2.4. Condicionantes locales y de instalación	71
4.3 FICHAS DE MTDS	71
4.3.1. MTDs genéricas	117
5 MEDICIÓN Y CONTROL DE EMISIONES	119
5.1 CONSUMO DE RECURSOS.....	120
5.2 AGUAS RESIDUALES.....	121
5.2.1. Caudal/volumen	121
5.2.2. Toma de muestras	123
5.2.3. Parámetros de control	124
5.2.4. Registro europeo de emisiones y fuentes contaminantes (EPER).	126
5.2.5. Valores límite actuales en la legislación española y europea	127
5.3 EMISIONES ATMOSFÉRICAS	129
5.3.1. Medición de gases de combustión	130
5.3.2. Registro europeo de emisiones y fuentes contaminantes (EPER).	131
5.3.3. Valores límite actuales en la legislación española y europea	132
5.4 SUBPRODUCTOS/RESIDUOS.....	133
5.4.1. Subproductos/restos orgánicos	134
5.4.2. Peligrosos.....	135
5.4.3. Residuos asimilables a urbanos	136
5.4.4. Otros	137
6 TÉCNICAS EMERGENTES Y EN DESUSO	139
6.1 TÉCNICAS EMERGENTES.....	139
6.1.1. Uso de soluciones de limpieza CIP de una sola fase	139
6.1.2. Recuperación de la cerveza de la levadura	139
6.1.3. Utilizar la filtración de flujo tangencial en lugar de filtración con materiales convencionales.....	140

6.2 TÉCNICAS EN DESUSO	141
6.2.1. Maceración por decocción	141
6.2.2. Limpieza manual de equipos	141
ANEJOS	143
MÉTODOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN DE PARÁMETROS EPER QUE AFECTAN A LAS AGUAS	143
MÉTODOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN DE CONTAMINANTES EPER ATMOSFÉRICOS	148
GLOSARIO	151
Abreviaturas.....	151
Elementos y compuestos químicos	153
Unidades de medida y símbolos	154

ÍNDICE DE MTDs

Nº MTD	Nombre MTD	Página
1	Recogida del agua del último enjuagado en limpieza CIP	74
2	Optimización del control operativo del sistema CIP	75
3	Recirculación del agua en bombas de vacío	77
4	Optimización del consumo de agua en las lavadoras de botellas	78
5	Optimización del consumo de agua en los túneles de pasteurización	79
6	Implantar un plan de minimización del consumo de agua	80
7	Control de turbidez a la salida de los fermentadores	82
8	Optimización del rendimiento en la elaboración de mosto	83
9	Reutilización del agua de enfriamiento del mosto	84
10	Control y optimización de la tasa de evaporación	85
11	Recuperación de los vahos de cocción	86
12	Optimización de la eficiencia en motores y bombas	88
13	Optimización de la presión en la planta de aire comprimido	89
14	Optimización energética de los túneles de pasteurización	90
15	Optimización de las temperaturas de evaporación y condensación en la planta de frío	91
16	Aprovechamiento del biogas generado en las instalaciones de depuración anaerobia de aguas residuales	92
17	Aislamiento térmico de superficies calientes y frías	93
18	Control del consumo de energía	95
19	Recuperación de turbios calientes	97
20	Recogida de levadura	99
21	Recuperación de cabezas y colas de filtración	100
22	Recuperación de la cerveza de los circuitos mediante arrastre antes del comienzo de la limpieza CIP	101
23	Red separativa y segregación del vertido de aguas pluviales	102
24	Disponer de un sistema apropiado de tratamiento de aguas residuales	103
25	Descarga controlada de malta e instalación de sistemas de aspiración y retención de partículas	105
26	Recuperación del dióxido de carbono de la fermentación	106
27	Utilizar combustibles de bajo contenido de azufre	107
28	Implantación de un plan de minimización de residuos	108
29	Recoger las tierras filtrantes agotadas para su gestión por separado	110
30	Implantación de un sistema de gestión ambiental	111
31	Establecer y controlar indicadores de ecoeficiencia	113
32	Implantar un plan de emergencias ambientales	115
-	MTDs genéricas	117

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: la publicación de Guías de mejores técnicas disponibles en España para cada uno de los sectores industriales afectados por dicha norma.

Su elaboración parte del convenio entre la Federación de Industrias de la Alimentación y Bebidas (FIAB) y el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA), que ha aportado la financiación, para la creación de un Grupo de Trabajo entre la Administración, la FIAB y representantes de los sectores industriales agroalimentarios (en este caso la Asociación CERVECEROS DE ESPAÑA).

Por medio de Cerveceros de España se creó un Comité Técnico Sectorial para la elaboración de la Guía, compuesto por expertos del sector y seleccionados por la propia asociación industrial, y se seleccionó como redactor técnico de la misma al Centro Tecnológico **ainia**.

En el desarrollo de la Guía han colaborado en tareas de revisión y mejora de contenidos, tanto los representantes de la Asociación, del Comité Técnico Sectorial, así como expertos de las Administraciones públicas estatales y autonómicas. Todo esto, coordinado y apoyado por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, la FIAB, el Ministerio de Medio Ambiente y el Centro para la Empresa y el Medio Ambiente (CEMA).

Fruto de este esfuerzo es esta **Guía de Mejores Técnicas Disponibles en España del Sector Cervecerero**.

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 96/61/CE, del Consejo, de 24 de septiembre*, 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, el agua y el suelo. La aprobación de estos textos legislativos ha supuesto un cambio importante en la concepción de los condicionados ambientales aplicables a las actividades industriales; las condiciones ambientales que se exigen para la explotación de las instalaciones recogidas en el anejo 1 de la Ley IPPC, quedarán plasmadas en el nuevo permiso único, denominado Autorización Ambiental Integrada (AAI).

El Ministerio de Medio Ambiente (MMA), cumpliendo con el compromiso reflejado en el artículo 8.1 de la Ley IPPC, ha promovido la elaboración, por sectores, de guías nacionales sobre mejores técnicas disponibles (MTDs). Como consecuencia de este compromiso se ha elaborado el presente documento, “Guía de mejores técnicas disponibles en España del sector cervecero”.

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 cervecero.

Respecto a los potenciales usuarios de las distintas guías sectoriales de MTDs (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 anejo 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 cerveza, tomando como base los documentos de referencia europeos sobre MTDs.

-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.

¹ Fuente: Ministerio de Medio Ambiente, noviembre 2004

² Fuente: EPER-España, mayo 2004

Destinatarios

Conforme a lo expuesto en el punto anterior, los principales destinatarios de la guía son las empresas del sector cervecero 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 cervecero 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.

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

Todas las industrias afectadas por la *Ley 16/2002* deberán sustituir, antes del 31 de octubre de 2007, sus actuales autorizaciones y permisos en materia de vertidos, emisiones a la atmósfera o residuos, por el permiso único (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 sí 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 (VLEs) en la correspondiente Autorización Ambiental Integrada, basándose en los niveles de consumo y emisión asociados a las MTDs 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 MTDs 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 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 MTDs 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 MTDs 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 MTDs en España del sector cervecero”, es conveniente introducir, en líneas generales, la evolución que han seguido los trabajos de determinación de MTDs 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 MTDs 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 MTDs, las propias MTDs y un capítulo de técnicas emergentes.

Las MTDs 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 MTDs. 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 cervecero es el “*Draft Reference Document on Best Available Techniques in the Food, Drink and Milk Industry*”³:

La presente guía sobre MTDs en el sector cervecero toma como punto de partida este BREF, adaptándolo a la casuística de la industria española pero atendiendo a las pautas marcadas en aquel, para armonizar la situación técnica y ambiental del sector cervecero español dentro del contexto legal europeo observado en la *Directiva 96/61/CE*.

Este documento ha sido elaborado por la asociación industrial del sector cervecero, CERVECEROS 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 MIMAM y del Centro para la Empresa y el Medio Ambiente (CEMA).

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 cervecero” 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 cervecero, 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>

1 INFORMACIÓN GENERAL DEL SECTOR CERVECERO EN ESPAÑA

El sector de la elaboración de cerveza en España ostenta una posición destacada tanto en el contexto europeo como mundial (figuras 1 y 2). Los datos de producción que a continuación se exponen avalan la afirmación anterior. España es el tercer productor de la Unión Europea y noveno del mundo.

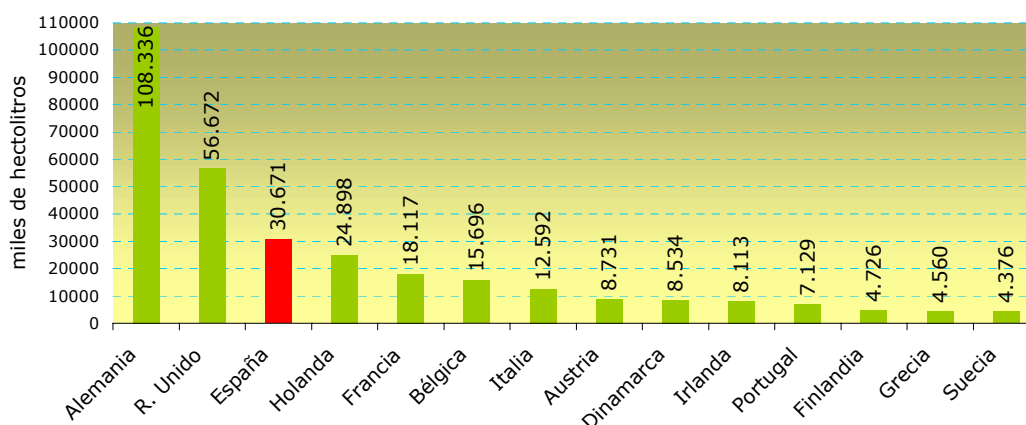


Figura 1. Producción de cerveza en la Unión Europea (Fuente: Cerveceros de España. Datos del 2002, excepto España 2003)

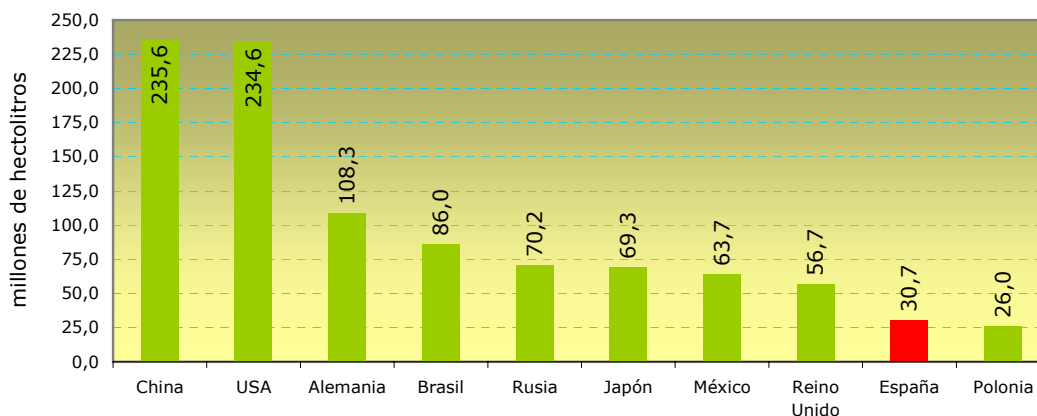


Figura 2. Producción de cerveza en el mundo (Fuente: Cerveceros de España. Datos del 2002, excepto España 2003)

En el ejercicio 2003 se elaboraron 2,8 millones de hectolitros más que en el año 2002, lo que supuso un incremento del 10,1%. Este dato no sólo confirma la tendencia ascendente de los últimos 7 años, sino que rompe esa línea de crecimiento moderado para transformarla en un súbito incremento (figura 3). Desde el año 2001 se han recuperado e incluso superado los

niveles de producción que se tenían a finales de la década de los 80, momento en el que comenzó una etapa con tendencia a la baja.

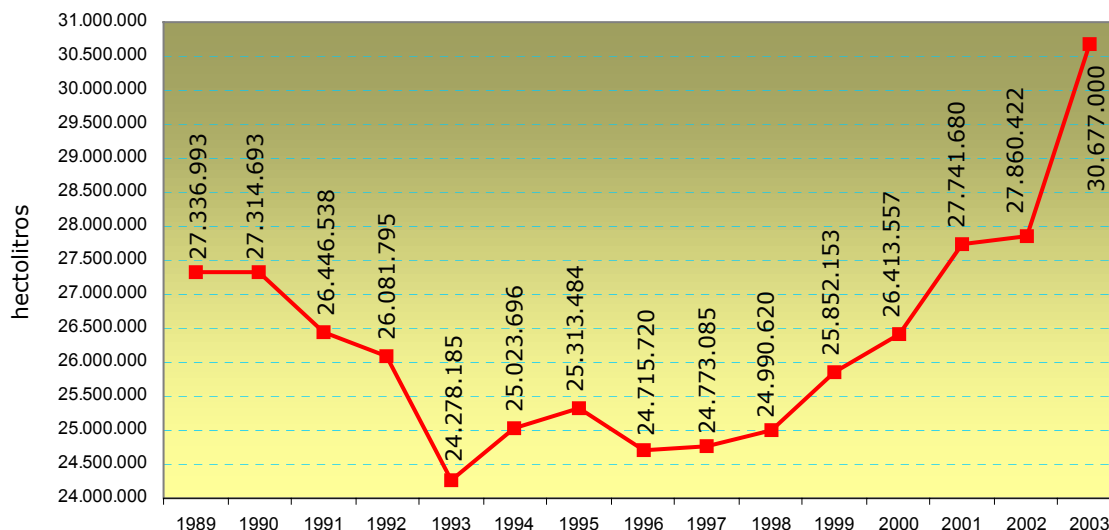


Figura 3. Evolución de la producción de cerveza en España desde 1989 (Fuente: Cerveceros de España. 2003)

Si se tienen en cuenta las estadísticas de producción desde el año 1971 hasta el 2001, se aprecia todavía mejor la excelente progresión del sector, siendo el crecimiento de la producción del 29%, mientras que la media Europea para ese mismo periodo fue del 11%.

El consumo total de cerveza en España durante el año 2003 fue de 33,4 millones de hectolitros de cerveza, que equivale a un consumo por habitante y año de 78 litros. Ambos valores han experimentado aumentos respecto al año anterior del 8,7% y del 6,5% respectivamente. A pesar de este aumento del consumo per cápita, España es el décimo país de la Unión Europea en cuanto a consumo de cerveza, estando ligeramente por debajo de la media europea, la cual se situó en 80 litros por habitante en el año 2003.

Hay que indicar que los valores de consumo anteriores incluyen el realizado por los 82,5 millones de visitantes que se recibieron en el año 2003, lo que supone un 30% del consumo total. Por tanto, si no se tiene en cuenta el consumo realizado por los visitantes extranjeros, los valores citados son bastante más bajos que los mencionados anteriormente. Según datos del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, los habitantes de España consumieron 23.553.900 hectolitros de cerveza, lo que equivale a una media de 57,5 litros per cápita, valor muy alejado de la media europea.

Un dato interesante es que el 92% del consumo total correspondió a cerveza de fabricación nacional. La evolución del comercio exterior se ha decantado claramente a favor de las exportaciones durante el ejercicio 2003.

Las exportaciones han aumentado un 16% respecto al año 2002, continuando con la rápida evolución ascendente de los últimos años. Las exportaciones en el año 2002 ya arrojaron un gran resultado al aumentar un 20,24% respecto al año 2001. Un dato destacable es que la cantidad de cerveza vendida fuera de España ha aumentado más del doble, concretamente un

136%, en los últimos ocho años. Los países a los que más cerveza se vende son por orden decreciente; Italia, Portugal, Guinea Ecuatorial y Reino Unido. La lista continúa hasta completar 60 países que cuentan con presencia de cerveza de producción nacional.

En cuanto a las importaciones, en el año 2003 se mantuvo el mismo volumen de cerveza comprada a terceros países que el año anterior, a saber 3,6 millones de hectolitros. Las importaciones se habían reducido un 10% en la campaña anterior (2002), rompiendo la línea ascendente que había comenzado en 1997. La mayor parte de la cerveza importada, un 63%, proviene de Alemania, seguida de lejos por Holanda y México. A España llega cerveza importada desde 42 países.

En la siguiente tabla se muestran algunos datos de interés sobre el sector cervecero en España referentes a ventas, facturación, inversión y empleo.

Tabla 1 Diversos datos del sector cervecero (Fuente: Cerveceros de España. 2003).

Ventas de cerveza española	29,7 millones de hl. (+10,8% respecto al año 2002)
Volumen de facturación	2.237,92 millones de € (+7,25% respecto 2002)
Nivel de inversión total	350 millones de € (+4,4% que en 2002. El 52% corresponde a mejoras en producción, I+D y medio ambiente)
Generación de empleo directo	7.500 puestos de trabajo (4º de la UE)
Generación de empleo indirecto	150.000 puestos de trabajo
Recaudación por IVA e impuestos especiales	casi 850 millones de € (+10% respecto al 2002)

Tradicionalmente se ha dividido España en siete zonas geográficas a la hora de determinar y valorar los datos estadísticos referentes al consumo y ventas de cerveza (figura 4). En la siguiente tabla se sintetizan los valores de consumo por zonas para el año 2003 y su evolución respecto al año 2002.

Tabla 2 Datos de ventas y consumo per cápita por zonas geográficas (Fuente: Cerveceros de España. 2003)

Zona geográfica	hl vendidos	Evolución	Consumo per cápita	Evolución
Noreste e Islas Baleares	6.000.000	+9,8%	69	+7,4%
Levante, Albacete y Murcia	5.300.000	+17%	87	+13%
Andalucía y Badajoz	7.500.000	+9,8%	89	+7,9%
Centro y sur de Castilla-León	6.000.000	+7,4%	66	+5,6%
Noroeste	1.600.000	+9,5%	38	+9%
Norte y norte Castilla-León	1.800.000	+14%	43	+13%
Islas Canarias	1.500.000	+15,3%	79	+11,5

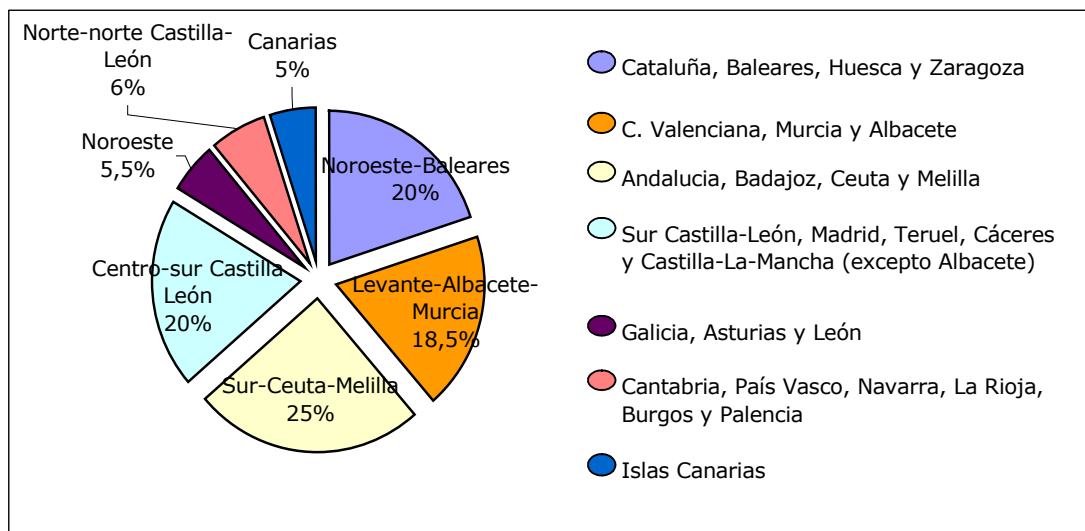


Figura 4. Cuota de ventas por zona geográfica (Fuente: Cerveceros de España 2003)

Una tendencia que se viene observando en los últimos años es el aumento significativo del consumo de cerveza en regiones, como la Cornisa Cantábrica, donde este producto tenía habitualmente menos aceptación. Esta tendencia refuerza otro hecho que se está haciendo cada vez más patente; el de la desvinculación de la cerveza como producto más apropiado en zonas cálidas o en épocas estivales y su mayor consideración como producto de consumo independientemente del lugar o la climatología del momento.

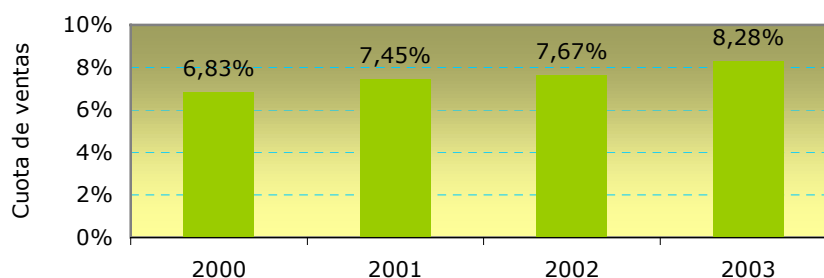


Figura 5. Evolución de la cuota de ventas de cerveza sin alcohol en España (Fuente: Cerveceros de España 2003)

Los tipos de cerveza que más se consumen en España son aquellos que responden a las denominaciones “Normal”, “Especial” y “Extra”. Estos tipos han sido y son los más elaborados en nuestro país. Sin embargo, en los últimos años ha crecido muy rápidamente la demanda de cerveza sin alcohol. Cabe destacar que España es el país de la Unión Europea donde más cerveza sin alcohol se consume, con un 8,28% de la cuota de ventas. Además, el consumo de cerveza sin alcohol no ha dejado de crecer últimamente (figura 5), siendo el último aumento registrado del 8% respecto al año 2002.

Según la reglamentación española, y más concretamente el Real Decreto 53/1995, de 20 de enero, se denominan:

- cervezas especiales, aquellas cuyo extracto seco primitivo no sea inferior al 13% en masa,
- cervezas extras, aquellas cuyo extracto seco primitivo no sea inferior al 15% en masa,
- cervezas sin alcohol, aquellas cuya graduación alcohólica sea menor al 1% en volumen, incluido en dicho porcentaje la tolerancia admitida por la indicación del grado alcohólico volumétrico,
- cervezas de bajo contenido en alcohol, aquellas cuya graduación alcohólica esté comprendida entre el 1%-3% en volumen, incluido en dicho porcentaje la tolerancia admitida por la indicación del grado alcohólico volumétrico.

En la legislación no se recoge ninguna definición de las que se conocen popularmente como cervezas “normales”. Este término, no siempre aceptado por todos los profesionales del sector, vendría a designar aquellos tipos de cerveza que se encuentran entre el límite superior de las de bajo contenido en alcohol y el límite inferior de las cervezas especiales. Es decir, podrían ser aquellas cuyo grado alcohólico sea superior al 3% en volumen y cuyo extracto seco primitivo sea inferior al 13% en masa.

Según la Ley 38/1992, de 28 de diciembre, de Impuestos Especiales, “el extracto seco primitivo del mosto original de la cerveza, es la materia seca natural procedente de la molturación de la malta y de otros productos autorizados, molturados o no, que dan lugar por digestión enzimática al concentrado azucarado existente en un mosto del que se obtendría, mediante fermentación alcohólica, la cerveza”. En otras palabras, es un parámetro que representa la cantidad de materia prima con que se elabora cada cerveza.

En España el 74% de las ventas de cerveza se realizan a través del canal hostelero, siendo el resto, un 26%, consumida en los hogares y adquirida en las tiendas de alimentación, supermercados y grandes superficies.

En cuanto al tipo de envase utilizado para la comercialización de la cerveza y la cantidad porcentual puesta en el mercado, en la tabla siguiente se agrupan los distintos tipos de envase dependiendo de si son reutilizables o no.

Tabla 3. Tipos de envase puestos en el mercado (Fuente: Cerveceros de España. 2003)

	Reutilizable	Reciclable de un solo uso
Barril	30,5%	
Botella de 33 cl.	15%	1,5%
Botella de 25 cl.		10%
Botella de 20 cl.	11%	
Botella de 100 cl.	0,5%	10%
Lata		21,5%
Total	57%	43%

Tal como se desprende de la tabla anterior, el material más utilizado como envase es el vidrio, en cualquiera de sus formas o volúmenes, correspondiéndole una tasa de utilización del 48%. Se estima que alrededor del 35% del vidrio correspondiente a envases de un solo uso acaba en las plantas de reciclaje de vidrio. A continuación se sitúan el barril y la lata como materiales de envase de cerveza, siendo sus porcentajes de utilización del 30,5% y 21,5% respectivamente.

La industria cervecera es líder dentro del sector de las industrias de alimentación y bebidas en cuanto a la puesta en el mercado de envases reutilizables, con un 57%. Además, ha puesto en marcha la organización de numerosos sistemas, con el objetivo de reducir el impacto ambiental de los residuos de envase, llegando a reutilizar y reciclar casi el 87% de los envases que comercializa.

Otro hecho destacable en cuanto al envase y embalaje de la cerveza es el continuo esfuerzo que se viene realizando por reducir el peso de los envases que se ponen en el mercado. Como consecuencia de las mejoras realizadas en este sentido, la relación másica entre el envase y la cerveza se ha situado en unos valores medios muy óptimos, en concreto, aproximadamente el 76% del peso total del producto corresponde a cerveza.

En España, el sector de la producción de cerveza está conformado por 7 grupos empresariales. La mayor parte de la producción se realiza en 20 centros productivos, cuya distribución geográfica se muestra en la figura 6.

La red productiva de cerveza está casi totalmente centralizada en las 20 fábricas que se han mencionado, generalmente de gran tamaño. Casos muy distintos son los de países como Alemania, Reino Unido o Bélgica, donde además de las grandes fábricas, existen multitud de empresas familiares o microcerveceras dispersas por todo el país que fabrican y comercializan sus productos.

Las provincias españolas en las que se ubica al menos una instalación son las siguientes; La Coruña, Burgos, Navarra, Lérida, Barcelona (2), Zaragoza, Guadalajara, Madrid (2), Valencia (2), Murcia, Jaén, Córdoba, Sevilla, Granada, Málaga, Santa Cruz de Tenerife, Las Palmas de Gran Canaria.

El nivel tecnológico medio del sector es alto, demostrando un gran interés por aquellas innovaciones y mejoras aplicables.

Los establecimientos industriales afectados por la Directiva IPPC en su Anexo I serán aquellas cuya actividad de “Tratamiento y transformación destinados a la fabricación de productos alimenticios a partir de materia prima vegetal de una capacidad de productos acabados superior a 300 t/día (valor medio trimestral)”.

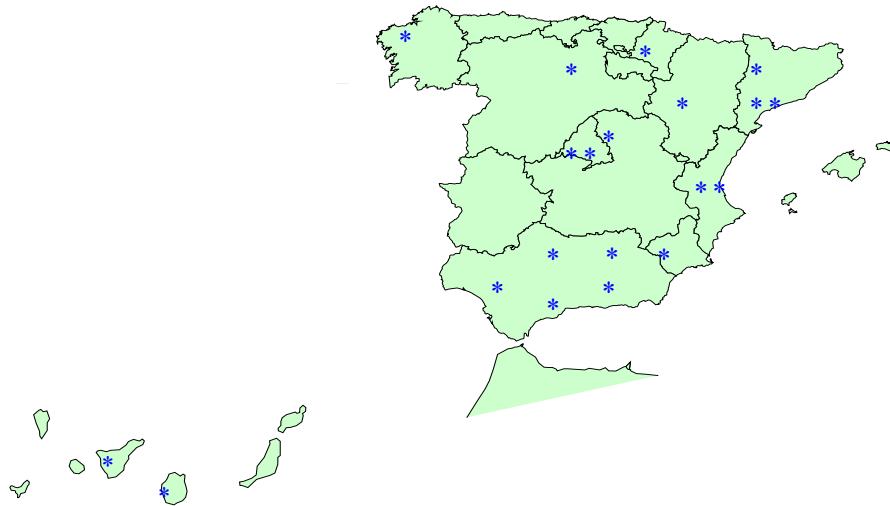


Figura 6. Distribución de las fábricas de cerveza en España

2 PROCESOS Y TÉCNICAS APLICADAS

La cerveza es la bebida resultante de fermentar mediante levaduras seleccionadas el mosto procedente de malta de cebada, solo o mezclado con otros productos amiláceos transformables en azúcares por digestión enzimática, sometido a un proceso de cocción y adicionado con lúpulo y/o sus derivados.

Se pueden realizar varias clasificaciones de los muchos tipos de cerveza existentes en el mercado, dependiendo del criterio de clasificación seleccionado. En función del tipo de fermentación, el amplio abanico de variedades de cerveza se puede reducir a dos grandes grupos:

- Cervezas de fermentación baja, también conocidas como “tipo lager”. Se utiliza fundamentalmente levadura del género *Saccharomyces uvarum* que se deposita en el fondo de los depósitos tras la fermentación. La fermentación tiene lugar a temperaturas comprendidas entre los 8°C y los 14°C. La mayor parte de las cervezas elaboradas en España encajan en este grupo.
- Cervezas de fermentación alta, también conocidas como “tipo ale”. Se utiliza levadura del género *Saccharomyces cerevisiae*. Este tipo de levaduras tiende a ascender a la superficie durante la fermentación. El proceso de fermentación tiene lugar normalmente a temperaturas comprendidas entre 15°C y 25°C.

Las materias primas para la producción de cerveza son malta de cebada, adjuntos (principalmente maíz y arroz), lúpulo, agua y levadura.

Los métodos de producción diferirán de una planta cervecera a otra, así como los tipos de cerveza y los equipos de elaboración. Sin embargo, el proceso de fabricación de cualquier tipo de cervecera consta de cuatro fases, que se desglosan en diversas etapas como se verá en este mismo capítulo:

- fabricación del mosto
- fermentación y guarda
- filtración
- estabilización microbiológica y envasado

Resumen del proceso general

El proceso general de elaboración de cerveza se puede resumir como se indica a continuación. El grano (la malta y otros cereales no malteados llamados adjuntos) se recibe en las cerveceras a granel y se transfiere a los silos tras ser pesada y limpiada.

La cebada malteada se muele previamente con el objetivo de romper el endospermo, causando el mínimo daño posible a la cascarilla.

Después de la molienda, la harina resultante (denominada sémola, harina gruesa o harina fina, en función de su paso por distintas cribas, además de la cascarilla desprendida del grano) se macera en agua a temperaturas seleccionadas para liberar mediante la acción enzimática un extracto fermentescible, que servirá de sustrato a las levaduras en la fase de fermentación.

Se pueden añadir adjuntos como fuente suplementaria de carbohidratos tanto en la caldera de maceración o empaste (p. ej. maíz o arroz), como en la cuba de cocción (p. ej. sacarosa o glucosa/maltosa en forma de jarabe).

El mosto se separa del bagazo durante la etapa de filtración del mosto. Después de completada la separación, el bagazo se almacena en silos y normalmente se emplea como alimento para el ganado.

El mosto se lleva a ebullición junto con el lúpulo en la etapa conocida como cocción. Durante la etapa de cocción tienen lugar una serie de reacciones muy variadas y complejas, una de las cuales es la solubilización e isomerización de las sustancias amargas y aceites del lúpulo.

Un grueso coágulo de materia proteínica precipitada se separa del mosto por efecto del calor. Este coágulo se conoce con el nombre de “turbios calientes”. El mosto se clarifica en una cuba conocida con el nombre de *remolino* o *whirlpool*, separando el precipitado proteínico.

Posteriormente se enfría el mosto hasta la temperatura de inoculación de la levadura, entre 8°C y 12°C.

Al mosto clarificado y enfriado se le inyecta aire estéril previamente a la fase de fermentación para favorecer el crecimiento de la levadura. A la cerveza resultante de la fermentación se le somete a una etapa de enfriamiento, favoreciendo la decantación de levaduras y otras sustancias enturbiantes del producto. A esta operación se le conoce con el nombre de guarda, maduración o decantación.

Después de la guarda o maduración y separación de los sólidos decantados, la cerveza se clarifica por filtración, normalmente en filtros de tierra de diatomeas, membranas, cartones, etc. Por último, se realizan las operaciones de carbonatación, aditivación, estabilización microbiológica y envasado, cuyo orden dentro del proceso depende del tipo de proceso utilizado.

El diagrama siguiente muestra el proceso general de producción de cerveza. Se destacan en diferentes colores las distintas operaciones agrupadas de acuerdo a las cuatro fases productivas principales; fabricación del mosto, fermentación y guarda, filtración y estabilización microbiológica/coloidal y envasado.

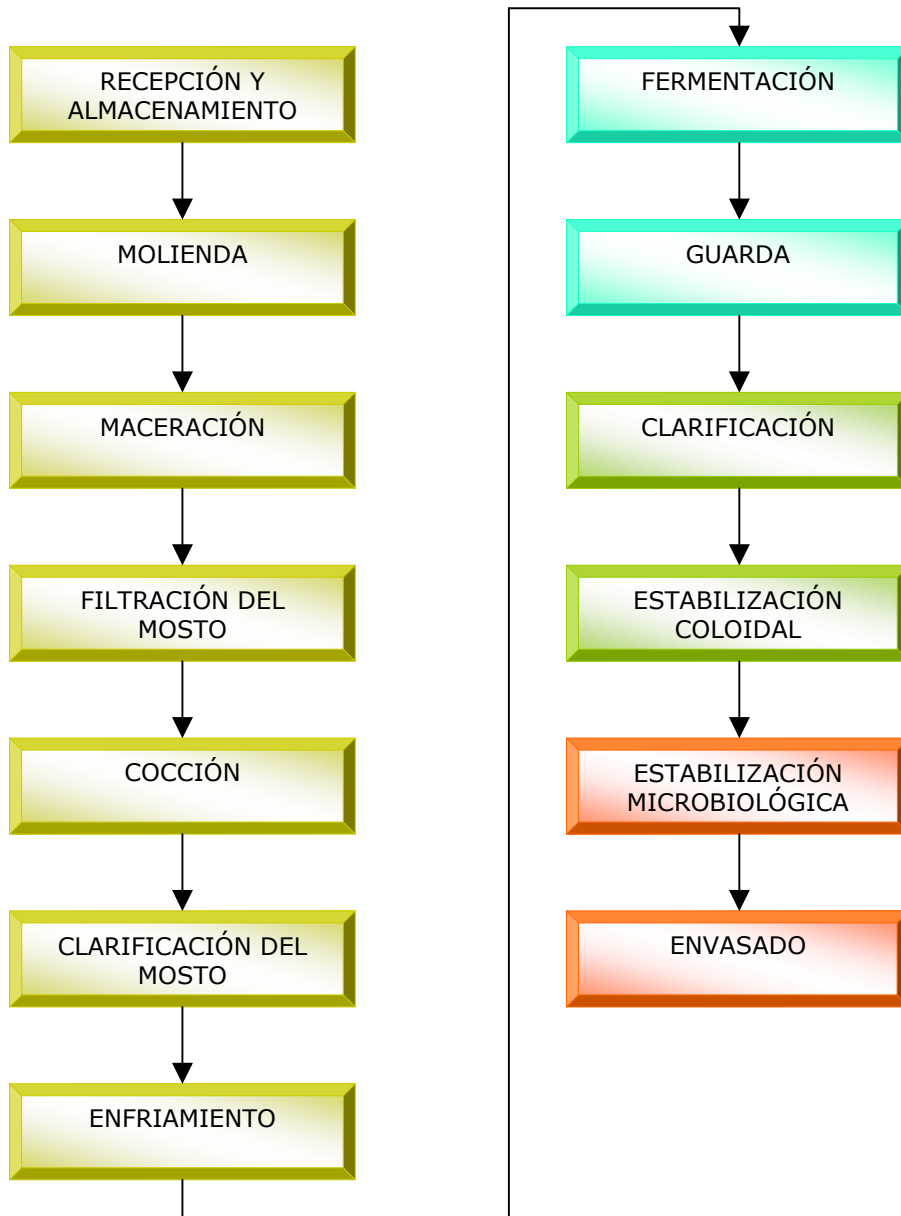


Figura 7. Diagrama general del proceso productivo

En la siguiente tabla se presenta el conjunto de operaciones que intervienen en la fabricación de cerveza, integrando los servicios auxiliares habituales en una planta cervecera. Las operaciones de limpieza y desinfección se consideran como un grupo independiente de actividades. También se menciona aparte la producción de cerveza sin alcohol.

La numeración de la izquierda que acompaña a cada operación es simplemente la que tiene cada apartado en el índice del documento.

Tabla 4. Tabla resumen de operaciones y servicios auxiliares en una cervecera

2.1. fabricación de cerveza
fabricación del mosto
2.1.1. recepción y almacenamiento de materias primas
2.1.2. molienda
2.1.3. maceración
2.1.4. filtración del mosto
2.1.5. cocción
2.1.6. clarificación del mosto
2.1.7. enfriamiento del mosto
fermentación y guarda
2.1.8. fermentación
2.1.9. guarda
filtración
2.1.10. clarificación
2.1.11. estabilización coloidal
estabilización microbiológica y envasado
2.1.12. estabilización microbiológica
2.1.13. envasado
2.2. cerveza sin alcohol
2.2.1. técnicas de posfermentación
2.3. servicios auxiliares
2.3.1. sala de calderas
2.3.2. planta de frío
2.3.3. planta de tratamiento de agua de proceso
2.3.4. sala de recuperación de CO ₂
2.3.5. sala de compresores
2.3.6. centro de suministro eléctrico
2.3.7. planta de depuración de aguas residuales
2.3.8. mantenimiento de equipos; instalaciones y servicios
2.3.9. almacén de productos químicos
2.4. limpieza y desinfección
2.4.1. limpieza de equipos e instalaciones

2.1 FABRICACIÓN DE CERVEZA

2.1.1. Recepción y almacenamiento de materias primas

La recepción de materiales incluye operaciones como la descarga, limpia, almacenamiento y transporte interno de materia prima y auxiliar. La limpia tiene como objetivo asegurar que solamente materia prima de buena calidad entra en la línea de producción para su tratamiento.

Descripción de las técnicas, métodos y equipos

Las materias primas sólidas que se reciben a granel son la malta y los adjuntos. El lúpulo se recibe normalmente en forma de pelets, envasado al vacío o en atmósfera inerte, en sacos apilados sobre palets o en contenedores (big-bags). También se pueden recibir el lúpulo en forma de extracto.

En primer lugar se procede a la descarga del producto a granel, que puede realizarse en recintos abiertos o cerrados. Le siguen las operaciones de distribución y limpia y finalmente su almacenamiento en silos. Posteriormente, la malta se transporta desde los silos hasta los puntos de consumo. En las operaciones individuales se produce polvo de malta debido a la abrasión, la cual debe ser separada mediante sistemas filtrantes.

Las materias primas pueden contener algunos componentes que no son aptos o presentan características físicas variables (piedras, partículas metálicas, grano fuera de especificaciones, etc.).

Para la limpia se pueden utilizar varios tipos de cribas o tamices, separadores de metales y/o separadores densimétricos. Para aumentar el efecto de la limpia, estos equipos se someten a aspiración del aire que las circunda y el polvo de malta captado se separa en un sistema de filtración. La eliminación de cuerpos extraños metálicos disminuye el riesgo de explosión y prolonga la vida útil de los equipos y sistemas.

Se pueden formar chispas cuando se acondiciona la malta o se moltura en presencia de impurezas metálicas y esto puede ser causa de explosiones. Por este motivo, se debe instalar un separador magnético y un separador de partículas minerales antes de los molinos.

El sistema filtrante o de recuperación, equipado con elementos antiestáticos, se debe diseñar de modo que asegure que la concentración de polvo nunca alcanzará el límite mínimo de explosión. Además, el sistema de recuperación de polvo debe procurar que los valores de emisión de partículas a la atmósfera estén por debajo de los límites prescritos por la legislación.

Para el transporte interno de la malta a granel (o de la harina, sémolas y polvo) se emplean dos sistemas; transporte neumático y transporte mecánico.

Por motivos de seguridad de los sistemas e instalaciones, todos los transportadores, depósitos y maquinaria están equipados con los dispositivos de seguridad mecánicos y/o eléctricos adecuados. Por ejemplo detectores de atascos, sondas de temperatura, limitadores de presión, indicadores de velocidad, sistemas antideflagrantes, dispositivos de detección de chispas, dispositivos de protección contra explosiones, etc.

2.1.2. Molienda

La molienda o molturación se realiza para reducir el tamaño de la materia sólida y mejorar su tratamiento en las etapas posteriores de fabricación del mosto.

La molienda permite el aumento de la superficie de contacto de la sémola o harina con el agua para facilitar la digestión del almidón del modo más rápido y eficiente posible, lo cual se traduce en un aumento del rendimiento de extracto.

Descripción de las técnicas, métodos y equipos

Un amplio rango de técnicas y equipos de molienda están disponibles en la industria cervecera. La molienda se puede realizar en seco o en húmedo. La hidratación de la malta antes de la molienda se conoce con el término de *acondicionamiento*.

Molienda en húmedo

En el sistema clásico de molienda en húmedo, la malta es previamente remojada con agua a una temperatura entre 30°C y 50°C. El agua es recirculada hasta alcanzar una hidratación del grano uniforme, que suele producirse tras un tiempo de 15 a 30 minutos. Posteriormente se pasa el grano por un molino de un solo par de rodillos. Después de la molturación del grano, la harina resultante se mezcla con agua y se envía directamente a la cuba de empaste o maceración.

Una alternativa al sistema clásico de acondicionamiento de la malta consiste en remojarla con agua caliente a 75°C durante unos 60 s. Con ese ligero remojo se consigue aumentar el contenido de humedad de la cáscara hasta el 20%, quedando prácticamente seco el endospermo.

El acondicionamiento o hidratación del grano también se puede realizar con vapor. Como resultado del acondicionamiento del grano, la cascarilla se vuelve más flexible y puede resistir la acción del molino casi intacta.

El acondicionamiento de la malta es una práctica habitual en las instalaciones que disponen de cubas-filtro, ya que la cascarilla se usa como lecho filtrante y hay que tener la precaución de evitar al máximo que se dañe.

Molienda en seco

Cuando se realiza la molienda en seco, se muele el grano entero, incluyendo la cascarilla. El tipo de molienda que se aplique determinará el tamaño de partícula (sémola, harina gruesa o harina fina) y el grado de ruptura de la cascarilla. La molienda seca se almacena en depósitos intermedios antes de ser añadidos a la cuba de maceración. Este tipo de molienda es más compatible con los filtros-prensa.

Generalmente se utilizan ciclones y/o filtros de mangas como una parte integral del proceso para recuperar la materia particulada (polvo) en el aire extraído. La materia recuperada se puede volver a procesar.

Por lo tanto el tamaño de partícula de la malta después de la molienda es consecuencia de un equilibrio entre el rendimiento de extracto deseado, la tecnología aplicada y la habilidad para filtrar el mosto.

Los molinos más utilizados en la industria cervecera son el molino de rodillos y el molino de martillos.

2.1.3. Maceración

Esta etapa también se conoce con el nombre de empaste o braceado. La maceración consiste en la adición de la harina o sémola de malta (y opcionalmente adjuntos, generalmente en forma de medianos de arroz y maíz como sémola, y jarabes de sacarosa/glucosa) en agua de calidad cervecera para producir soluciones o suspensiones que se procesarán más adelante. El objetivo de la maceración es obtener un alto rendimiento de extracto, de la mayor calidad posible.

Conviene mencionar en este punto que en el caso de emplear adjuntos como fuente adicional de extracto (la proporción utilizada suele ser de 20-30% como máximo), es necesaria una etapa de tratamiento por separado en una caldera de adjuntos para dejar el almidón en las condiciones apropiadas para su hidrólisis enzimática.

Tras la molturación de los adjuntos, se provoca la gelatinización-licuefacción del almidón en la caldera de adjuntos, con el volumen de agua y la temperatura adecuada, a la vez que se inicia la acción enzimática. Ya que los adjuntos no aportan enzimas, como recurso enzimático se emplea, bien una porción de molienda de malta (20% aprox.) o bien enzimas externos. La fase final en la caldera de adjuntos es la elevación de la temperatura hasta ebullición para alcanzar un mayor grado de licuefacción de la masa antes de ser enviada a la cuba de maceración, donde continúa la conversión del almidón, pero ahora junto con toda la malta molida y los enzimas propios de esta.

Durante la maceración, las proteínas y el almidón son degradadas por enzimas naturalmente desarrollados en el grano de cebada durante el malteado, aunque también se pueden utilizar preparados enzimáticos externos. Los enzimas proteolíticos hidrolizan las proteínas liberando polipéptidos y otros compuestos nitrogenados menos complejos. Las peptidasas degradan posteriormente los polipéptidos hasta aminoácidos, a una temperatura óptima de 45-50°C.

Por su parte, el almidón es degradado por la acción de las amilasas, originando glucosa, maltosa y dextrinas a una temperatura óptima de 62-65°C para la obtención de maltosa y de 70-75°C para los otros azúcares. Para obtener un grado de extracción óptimo, se deben controlar muy cuidadosamente algunos parámetros, como la temperatura, pH y tiempo de maceración, así como la relación enzima/substrato.

Descripción de las técnicas, métodos y equipos

Existen básicamente dos métodos para la extracción del mosto: extracción por infusión y por decocción. Una tercera posibilidad es una combinación de las dos anteriores.

Maceración por infusión

Con este método se va proporcionando calor progresivamente a la mezcla en agitación, hasta alcanzar las temperaturas seleccionadas de un modo escalonado. Es decir, cuando se alcanza cada uno de los niveles de temperatura programados se realiza un estacionamiento temporal o reposo térmico para que las enzimas completen la actividad hidrolítica.

Los tres escalones de temperatura más habituales son los indicados anteriormente (sin descartar otros), conforme al rango óptimo de actividad para los tres grupos mayoritarios de enzimas implicados en el proceso:

- proteasas: 45-50°C

- β -amilasa: 62-65°C
- α -amilasa: 70-75°C

La maceración por infusión se puede aplicar para la elaboración de cualquier tipo de cerveza y se lleva a cabo en una sola cuba. En contraste con el método por decocción, nunca se retira parte del empaste para hacer un tratamiento de ebullición en otra caldera con el objetivo de aumentar la temperatura de la mezcla total.

Maceración por decocción

En la maceración por decocción se emplean dos cubas; la cuba de maceración y la cuba de cocción. La temperatura de la pasta se incrementa sucesivamente, retirando de la cuba de maceración una fracción del empaste y llevándolo a ebullición en la cuba de cocción. Cuando se devuelve esta fracción a la cuba de maceración, la temperatura de toda la mezcla asciende hasta el valor determinado. Esta operación se puede repetir varias veces.

2.1.4. Filtración del mosto

Aparte de compuestos solubles (carbohidratos y compuestos proteínicos de diversa complejidad), el empaste también contiene compuestos insolubles (bagazo). El mosto cervecero se separa del bagazo por filtración.

Descripción de las técnicas, métodos y equipos

Cuba-filtro

La cuba filtro consiste básicamente en un recipiente cilíndrico provisto de un doble fondo. El bagazo queda retenido en el fondo ranurado y se evacua el mosto por el doble fondo.

Se utilizan cubas de lecho no muy profundo, generalmente de 0,5 m., que proporcionan tiempos de ocupación de 2 a 3 horas con una recuperación del extracto del 98-99%. Una vez que ha escurrido el *mosto dulce o primer mosto*, se puede efectuar un lavado del bagazo con agua caliente para obtener la mayor cantidad de extracto posible. Las cubas filtro trabajan de un modo automático, son flexibles en cuanto a su uso y proporcionan un bagazo con un contenido en humedad del 78%-81%, aproximadamente.

Después de completarse el filtrado, el bagazo se descarga en su silo correspondiente. Tradicionalmente se ha utilizado el bagazo como alimento para el ganado.

Filtro-prensa

Los filtros-prensa ocupan menos espacio que las cubas filtro y pueden trabajar con malta más finamente molida.

Un tipo especial de filtro-prensa es el de “membrana” o “de alta presión”. Se instala una membrana en la placa, la cual se puede presurizar con aire o con agua. Debido a la mayor presión ejercida sobre la torta, se recoge más líquido, lo que resulta a su vez en una torta más seca. Permite una reducción del consumo de agua para lavar el bagazo sin pérdidas de extracto. Las prensas-filtro son apropiadas en el caso de que el desmontaje, vaciado y montaje de la prensa se lleve a cabo de un modo semiautomático, así como para la obtención de mostos de alto peso específico.

El tiempo de ocupación es de 1.5–2.5 horas con una recuperación de extracto entre 98-102%. Se obtiene un bagazo con un contenido en humedad menor, alrededor del 65-75%.

2.1.5. Cocción

Después de la retirada del bagazo, el mosto se conduce a la caldera de cocción. Aquí se calienta hasta ebullición y se añade el lúpulo. También puede precalentarse el mosto durante el trasiego hasta la caldera de cocción.

Durante la cocción del mosto tienen lugar importantes transformaciones:

- cesa de toda actividad enzimática derivada de la malta,
- se esteriliza el mosto,
- el mosto adquiere su amargor característico por isomerización de los α -ácidos del lúpulo
- coagulan y precipitan complejos formados por proteínas desnaturalizadas y polifenoles,
- se descomponen y evaporan compuestos volátiles que confieren sabores y aromas no deseados,
- se concentra el mosto,
- cambia el color y el pH del mosto,
- se forman sustancias reductoras.

El mosto se hierva normalmente durante 1-2 horas con una intensidad de cocción del 5%-8% de evaporación por hora sobre el volumen total de mosto en la caldera.

Descripción de las técnicas, métodos y equipos

Las calderas de cocción que utilizan vapor o agua sobrecalentada se pueden clasificar en dos grupos según el tipo de hervidor que empleen:

Calderas con hervidor externo

El hervidor externo es un intercambiador de calor tubular situado en el exterior de la caldera. Con este sistema el mosto se recircula de 7 a 12 veces por hora. El mosto es continuamente aspirado del fondo de la caldera y bombeado a través del hervidor externo. Desde del hervidor, el mosto es reconducido a la caldera.

Calderas con hervidor interno

El hervidor interno es un intercambiador de calor tubular situado en el interior de la caldera. El mosto asciende a través del haz tubular mientras se calienta con el vapor/agua sobrecalentada que circula alrededor de los tubos. En la parte superior del intercambiador existe un distribuidor de mosto. Este distribuidor evita que se forme espuma durante la circulación del mosto a través del hervidor.

Los equipos de cocción se pueden clasificar en estas dos categorías atendiendo al criterio de la presión de trabajo:

- Cocción atmosférica

- Cocción a baja presión

Cocción atmosférica

Consiste en el uso de calderas abiertas por su parte superior que utilizan como medio de agitación la circulación por termosifón. En las calderas de este tipo, el mosto hierve con el lúpulo durante hora y media a dos horas, con una tasa de evaporación del 6-8 %/hora.

Se pueden conseguir ahorros de energía mediante la recuperación del calor del vapor, además de la posible utilización de los condensados, siempre que no se vea afectado el perfil organoléptico del producto.

Cocción a baja presión

En los sistemas de cocción a baja presión, el mosto se calienta a presión atmosférica hasta el punto de ebullición mediante un intercambiador exterior, posteriormente se presuriza la instalación aumentando la temperatura del mosto hasta los 105-112°C durante 10-15 minutos y por último se despresuriza el sistema reduciéndose la temperatura del mosto.

El sistema se complementa generalmente con la instalación de intercambiadores de calor que permiten recuperar el calor de los vahos de ebullición para precalentar el agua que calentará el mosto a la entrada del sistema, desde aproximadamente 75°C hasta 96°C.

2.1.6. Clarificación del mosto

El grado de claridad requerido para un mosto depende del tipo de cerveza que se está elaborando y de la técnica empleada. El mosto debe estar claro y libre de partículas sólidas (restos de lúpulo y complejos de proteínas-polifenoles precipitados, más conocido como *turbios calientes*) antes de entrar en el tanque de fermentación.

Descripción de las técnicas, métodos y equipos

El equipamiento que se utiliza más comúnmente para la operación de clarificación del mosto es el tanque whirlpool o remolino, en el que el mosto y las partículas que forman el turbio se introducen a alta velocidad a través de una tubería tangencial a la pared del tanque. Al girar se generan unas fuerzas secundarias sobre las partículas que originan la acumulación centrípeta de los turbios en el centro del fondo del tanque. Finalmente se saca el mosto y se retira el turbio. También se pueden emplear centrífugas para clarificar el mosto.

2.1.7. Enfriamiento del mosto

Después de la clarificación se enfría el mosto hasta la temperatura de siembra de la levadura. Esta temperatura depende del tipo de levadura utilizada y del proceso de fermentación elegido.

Descripción de las técnicas, métodos y equipos

El mosto clarificado, que está aproximadamente a 98°C, se enfría entre unos 8-12°C en un intercambiador de placas que utiliza agua y/o agua glicolada como refrigerante. El agua entrante, a la temperatura adecuada según el proceso elegido, se calienta hasta una temperatura de 75°C-85°C. Posteriormente se utiliza en otros puntos del proceso donde sea necesaria.

El agua de enfriamiento de mosto puede introducirse en el intercambiador de placas previo paso por un sistema de enfriamiento por intercambio directo o a través de una torre de refrigeración.

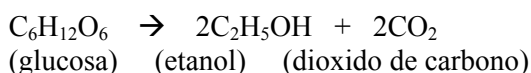
Cuando se utiliza agua a temperatura ambiente en una primera fase de enfriamiento, se continúa en una segunda fase con agua glicolada a baja temperatura ($<0^{\circ}\text{C}$).

2.1.8. Fermentación

La fermentación consiste en la acción controlada de la levadura seleccionada para transformar los substratos sobre los que actúa en nuevos productos. La transformación de los azúcares simples en alcohol se conoce normalmente con el nombre de fermentación alcohólica.

El metabolismo de las levaduras cambia de la respiración aerobia inicial a una segunda fase de respiración anaerobia o fermentación alcohólica; es entonces cuando los azúcares contenidos en el mosto son transformados para producir etanol y dióxido de carbono.

La conversión que realizan las levaduras (normalmente *Saccharomyces sp.*) se puede representar mediante la siguiente ecuación.



Este proceso es anaeróbico, por tanto no necesita la presencia de oxígeno.

También son metabolizados otros compuestos del mosto. Los productos resultantes de la fermentación influyen decisivamente en las características finales de la cerveza. La duración y transformaciones ocasionadas por la fermentación están determinadas por la cepa de levadura empleada y por el control del proceso a través de la temperatura y la presión.

La temperatura de fermentación está normalmente dentro del rango 8°C - 14°C , para el tipo de fermentación que se aplica normalmente a los mostos cerveceros españoles.

Descripción de las técnicas, métodos y equipos

Antes de la fermentación se pueden separar los turbios fríos (compuestos principalmente por proteínas) formados durante el enfriamiento del mosto. La separación se realiza por sedimentación en tanques, flotación, centrifugación o filtración.

Durante la operación siguiente, la siembra, se inyecta aire estéril u oxígeno al mosto libre de turbios y se añaden las levaduras. La aireación se aplica para asegurar que la levadura dispone de una cantidad de oxígeno adecuada y necesaria para la multiplicación celular. La concentración de O_2 idónea suele ser de 8-12 mg/l.

La fermentación tiene lugar en tanques cerrados (horizontales o verticales, cilíndricos o cilíndricos). Pueden estar instalados en el interior de naves industriales cubiertas o en el exterior. El CO_2 que se desprende durante la fermentación puede ser recogido en un sistema de recuperación y acondicionamiento de CO_2 .

Durante el proceso de fermentación se desprende calor. Por lo tanto, para mantener la temperatura de fermentación deseada es necesario enfriar los tanques. Los fluidos refrigerantes utilizados para el enfriamiento suelen ser agua glicolada y/o NH_3 .

Los tanques se mantienen a la temperatura deseada mediante camisas refrigerantes. Un mismo tanque puede tener varias secciones de camisas para aplicar distintas temperaturas dependiendo del estado de avance de la fermentación.

Durante la fermentación se produce un exceso de levadura que se deposita en el fondo del tanque. De la levadura que se separa de los tanques de fermentación, una parte se destina a la siembra de la siguiente carga de mosto y el resto se gestiona como un subproducto. La levadura puede reutilizarse varias generaciones, pero debe ser finalmente repuesta debido a la pérdida de sus características.

2.1.9. Guarda

Antiguamente, esta operación que se conoce también como maduración, consistía en el almacenamiento de la cerveza a bajas temperaturas durante largos periodos de tiempo (varios meses) para que ésta adquiriera su *flavor* característico, además de favorecer la precipitación de sólidos y la saturación con CO₂.

Hoy en día, los procesos y tecnologías empleadas han propiciado que esta etapa sea mucho más corta y que el objetivo ya no sea tanto el desarrollo del *flavor*, sino la estabilización coloidal por frío. Por lo tanto, sería más adecuado denominar a esta operación como *Decantación*, y de hecho, algunos profesionales del sector ya han abandonado los términos guarda o maduración. No obstante, en el ámbito de esta guía se va a referir a esta etapa como *Guarda*, ya que en la mayor parte de los textos actuales sobre elaboración de cerveza todavía se emplea este término.

Descripción de las técnicas, métodos y equipos

En la etapa de guarda, la cerveza se enfría a una temperatura entre -1 y 4°C durante un periodo de tiempo que puede oscilar entre 3/4 días y 30 días como máximo.

Las levaduras y otros compuestos causantes de la turbidez van sedimentando lentamente, con lo que la cerveza va clarificando. Los restos de levadura de los fondos de los tanques de fermentación y guarda contienen entre 10–14% de sólidos totales y entre 1.5–2.5% del total de cerveza producida.

La etapa de guarda puede llevarse a cabo en los mismos tanques cilíndricos de fermentación (sistema unitank) o en tanques diferentes horizontales o cilíndricos (sistema de tanques múltiples).

2.1.10. Clarificación

El objetivo de la fase de filtración (que incluye las operaciones de clarificación y estabilización coloidal) es la obtención del nivel especificado de claridad y retrasar el enturbiamiento natural de la cerveza desde su elaboración hasta su consumo.

La clarificación tiene lugar normalmente en filtros de tierra de diatomeas (esqueletos silíceos de antiguas algas marinas, utilizando para ello filtros de marcos y placas, de platos o de bujías. Sobre la tierra de diatomeas se produce la filtración propiamente dicha, actuando el filtro como soporte de la torta filtrante.

Existen otras técnicas que no emplean tierras, como los filtros de cartones y otras más avanzadas y todavía en un estado incipiente como la clarificación por filtros de membrana, y más concretamente la filtración tangencial combinada con la centrifugación.

Descripción de las técnicas, métodos y equipos

Opcionalmente e indistintamente del método de clarificación empleado, se puede realizar una centrifugación como etapa previa a las operaciones de filtración propiamente dichas. El fin de la centrifugación es eliminar la mayor cantidad posible de levadura y otros precipitados. Las centrífugas que suelen emplearse en la industria cervecera son las de cámara tubular/discos.

Antes de comenzar la filtración se puede someter a la cerveza a un golpe de frío (-1,5°C) en un intercambiador de calor de placas para mejorar la filtrabilidad.

El principio de funcionamiento de los filtros de tierra de diatomeas es el siguiente:

La suspensión de diatomeas se bombea a presión desde su tanque de mezcla hacia la carcasa donde están los soportes filtrantes, así se va formando una torta filtrante firme pero porosa por deposición de diversas precapas en el cuerpo del filtro. Normalmente se forman dos precapas, la segunda de tamaño de partícula más fino que la primera.

A continuación se bombea la corriente de cerveza. Para evitar la colmatación del filtro y para efectuar el mayor número de pases de cerveza a través de la misma torta, se dosifica en continuo tierra fresca de diatomeas a la corriente entrante de cerveza y de este modo se va conformando paulatinamente el cuerpo de la torta filtrante.

Los sistemas que más se emplean para la clarificación de la cerveza son:

Filtro de bujías.

Estos filtros consisten en un grupo de discos muy próximos entre sí, montados sobre un vástago acanalado de modo que forman una pila de filtración. Se monta un cierto número de estas pilas sobre una placa soporte, y el conjunto se instala en una carcasa resistente a la presión.

Sobre las pilas de filtración o bujías se crea la precapa de tierra de diatomeas a través de la cual se hará pasar la cerveza y en la que los sólidos quedarán retenidos en el transcurso de la filtración. El sistema es sensible a los cambios de presión, aunque como se trata de sistemas estáticos apenas están sometidos a desgaste mecánico.

El lavado se hace a contracorriente con agua y/o gas a presión, evacuándose los lodos de limpieza en forma pastosa por la parte inferior del equipo.

Filtros de platos o placas horizontales.

La diferencia de estos filtros, con respecto a los de bujías, radica en que las tortas filtrantes reposan sobre unos elementos horizontales, con lo que no se rompen aún en ausencia de presión. Esto tiene la ventaja de que si se interrumpe la filtración puede reiniciarse sin problemas, e incluso se pueden filtrar sucesivamente varios líquidos distintos sin cambiar estas capas. Los platos o placas horizontales sobre las que se forman las capas filtrantes de diatomeas, se montan de modo que forman un bloque vertical, dentro de un recipiente cilíndrico resistente a la presión.

La descarga de las capas filtrantes ya gastadas se hace sin necesidad de arrastrarlas con agua, haciendo girar las placas soporte, para lo que llevan un motor en la parte superior o inferior del filtro. En todo caso, hace falta una última limpieza con duchas de agua para eliminar los restos.

Filtros de marcos y placas

Se trata de un filtro de placas verticales, donde alternan marcos huecos con placas acanaladas cubiertas a ambos lados por los soportes filtrantes. El conjunto se ensambla herméticamente con el fin de formar una unidad estanca a los líquidos. La suspensión de diatomeas entra por los marcos huecos y se forma la capa filtrante sobre los soportes filtrantes de las dos placas contiguas al marco. La cerveza pasa a través del medio y por la superficie acanalada de las placas del filtro, desde donde sale al exterior por el canal de descarga que tiene cada placa.

La torta puede lavarse utilizando unas placas de lavado especiales. La retirada de la torta agotada puede realizarse manualmente, para lo que es necesario abrir la prensa, aunque hay modelos que disponen de medios para elevar o mover mecánicamente las placas y marcos.

Filtros de cartón.

Los filtros de cartón no utilizan como medio filtrante tierra de diatomeas, sino fibras de celulosa. La estructura del equipo es muy similar a la de los filtros de marcos y placas. El efecto filtrante se debe más a fenómenos de adsorción de las fibras que al tamizado a través de las mismas. Estos filtros son muy sensibles a los cambios bruscos de presión, por tanto el caudal debe mantenerse uniforme y la presión diferencial mínima. Es un tipo de filtro que se colmata fácilmente si no va acompañado de una clarificación previa.

Filtros de protección o defensa

Opcionalmente, pueden emplearse filtros de protección o defensa ante un posible paso de partículas de tierra procedente de los filtros anteriores y los finos de PVPP (polivinilpolipirrolidona) después de la estabilización coloidal. Estos filtros de defensa pueden ser de fibras de celulosa, filtros de cartuchos de polipropileno, filtros trap, etc. En cualquier caso, su función principal no es la de clarificar la cerveza por retención de levaduras y otros sólidos suspendidos, sino la de salvaguardar la funcionalidad de los filtros precedentes.

2.1.11. Estabilización coloidal

En la cerveza coexisten diversos tipos de taninos y de proteínas que tienden a combinarse y a formar complejos coloidales insolubles, causantes de la turbidez del producto. La estabilización coloidal implica por lo tanto, la eliminación selectiva de proteínas o taninos mediante alguna de las técnicas que se describen a continuación.

La estabilización coloidal puede realizarse en diferentes momentos del proceso productivo. La variedad de agentes estabilizantes es bastante amplia y su elección dependerá, entre otros factores, del método de estabilización elegido.

- **Estabilización por adsorbentes.** Esta es una técnica bastante extendida que se realiza conjuntamente con la clarificación. La estabilización se consigue por aditivación en línea de alguna sustancia adsorbente que elimina bien la fracción tánica (usando PVPP, Nylon, etc.) o bien la fracción proteica (usando silicagel, bentonita, etc.), evitando de este modo que se puedan formar los complejos enturbiantes insolubles tanino-proteína.

Si se añade el agente estabilizante antes de la filtración de la cerveza, los coloides formados quedarán retenidos en la torta filtrante junto con las levaduras remanentes y otros sólidos.

Sin embargo, puesto que los estabilizantes tienen un precio elevado, existe la posibilidad de realizar la estabilización después de la filtración de la cerveza para poder recuperar los agentes estabilizantes. En este caso se instala un sistema de regeneración/filtración adicional en combinación con el sistema de filtración basado en la tierra de diatomeas u otros. Cuando el sistema de PVPP está en marcha, se debe emplear un filtro trap de defensa.

- **Estabilización por enzimas.** En este caso, la estabilización se suele realizar durante la operación de guarda, mediante enzimas proteolíticas (papaina o bromelina principalmente) que reducen las moléculas de proteínas para evitar su reacción con los taninos.
- **Estabilización con ácido tánico.** Se lleva a cabo en los tanques de guarda. El principio de acción de esta técnica es el contrario a los dos anteriores, es decir, en este caso en lugar de eliminar o modificar uno de los dos tipos de moléculas involucrados en el fenómeno de turbidez, se favorece la reacción entre los taninos y las proteínas, de modo que se forma un precipitado que decanta en el fondo de las tanques de guarda.

2.1.12. Estabilización microbiológica

La función de la estabilización microbiológica es la eliminación de todos los microorganismos que pudieran producir alteraciones en las cualidades organolépticas de la cerveza y/o suponer una modificación en la calidad del producto.

Descripción de las técnicas, métodos y equipos

Son básicamente dos los sistemas que actualmente se aplican para la estabilización microbiológica de cerveza:

- Estabilización en frío mediante ultrafiltración.
- Estabilización térmica (pasteurización).

En cuanto al momento en el que se realiza la estabilización, podemos encontrarnos:

- Estabilización antes del envasado (pasterización flash, ultrafiltración).
- Estabilización después del envasado (túneles de pasterización).

Ultrafiltración

Se trata de una técnica de eliminación de los microorganismos sin necesidad de la aplicación de un tratamiento térmico. Se suele aplicar a la cerveza que va a ser envasada en barriles, aunque también se puede aplicar a la destinada al envase en botellas.

En la ultrafiltración se separan los sólidos de la cerveza basándose en su tamaño y forma molecular. El proceso consiste en el paso de la cerveza a través de un módulo de membrana donde es mantenida una diferencia de presión entre ambos lados de la misma.

La cerveza y las moléculas pequeñas se mueven a través de la membrana hacia el lado de menor presión, mientras que las moléculas grandes son retenidas.

Pasteurización flash

La pasteurización flash también se puede aplicar a la cerveza destinada al envasado en barriles y botellas. El pasteurizador de placas está compuesto por tres secciones.

- Primera sección. Es la llamada regenerativa o de ahorro energético, donde la cerveza entrante se encuentra en contracorriente con la ya pasteurizada que cede calor a la primera.
- Segunda sección. La cerveza se calienta hasta unos 72°C con agua caliente o vapor. La cerveza se mantiene a esta temperatura durante unos treinta segundos en un tubo de mantenimiento.
- Tercera sección. Es la de enfriamiento, donde la cerveza se enfría a 0°C. El enfriamiento se realiza en dos fases: la primera a contracorriente con la cerveza que entra a través de la primera sección, y en la segunda, se puede enfriar hasta 0°C con agua glicolada.

El tratamiento total en el pasteurizador lleva sólo unos dos minutos, con lo que las cualidades organolépticas de la cerveza no se ven tan afectadas como en el túnel.

Todo el circuito esta cerrado y a alta presión para evitar pérdidas de CO₂.

El circuito está provisto de sistemas de seguridad de forma que si no se alcanza la temperatura de pasterización, la cerveza no pasa a la llenadora, recirculándose hasta que se restablecen las condiciones de funcionamiento normal.

Túneles de pasteurización

Las botellas y las latas llenas y taponadas van pasando por diversas secciones dentro de los túneles provistos de aspersores que lanzan chorros de agua a temperaturas variables, donde gradualmente se calientan hasta 60°C, se mantienen un cierto periodo de tiempo y luego se enfrían.

El proceso de pasteurización depende de cada fabricante, puesto que las UP (unidades de pasteurización) que se aplican al producto dependen de muchas variables.

2.1.13. Envasado

La mayoría de los productos son envasados antes de entrar en la cadena de distribución. En algunos casos, el envasado es una parte integral del proceso productivo, es decir, el producto y el envase que lo contienen sufren un tratamiento posterior.

Descripción de las técnicas, métodos y equipos

Antes de comenzar con las operaciones propias del envasado, la cerveza ya filtrada se debe carbonatar si es preciso, para conseguir el nivel de CO₂ acorde con las especificaciones del producto. Una vez finalizada la adición de gas, se envía la cerveza inmediatamente a los tanques de prellenado, donde se mantiene a baja temperatura.

Las líneas de envasado pueden estar equipadas de un modo muy distinto, no solamente respecto al material de envase sino también respecto al nivel de automatización e inspección.

A continuación se indican las operaciones aplicadas en las líneas de envasado para los distintos tipos de envase; botellas reutilizables, botellas de un solo uso, latas y barriles.

Se incluye para cada línea de envasado la pasteurización, para respetar el orden cronológico del proceso, aunque esta operación está clasificada y descrita dentro del proceso de estabilización microbiológica.

Línea de envasado de botella reutilizable

- despaletizado de cajas con vidrio reutilizable
- desencajonado
- eliminación de botellas extrañas o propias distintas de las que se está envasando
- lavado
- inspección electrónica
- llenado-taponado
- pasteurización (antes del llenado-taponado si se aplica flash-pasteurización)
- control de llenado
- etiquetado
- codificación
- control de etiquetado
- encajonado
- paletizado

Línea de envasado de botella de un solo uso

- despaletizado de vidrio nuevo
- enjuagado de vidrio nuevo
- inspección de electrónica
- llenado-taponado de botellas
- pasteurización (antes del llenado-taponado si se aplica flash-pasteurización)
- control de llenado
- etiquetado
- codificación
- control de etiquetado
- máquinas para realizar las distintas agrupaciones para la venta
- paletizado

Línea de envasado de latas

- despaletizado de latas
- Impresión de fechas
- enjuagado de latas
- llenado-cierre de latas
- pasteurización

- control de llenado
- máquinas para realizar las distintas agrupaciones para la venta
- paletizadora

Línea de envasado de barriles

- despaletizado
- inspección
- lavado exterior
- decapsulado
- apretado de espadín
- vaciado de cerveza remanente
- lavado interior
- esterilización
- presurización
- flash-pasteurización
- llenado
- control de llenado
- encapsulado (precintado opcional)
- codificación
- paletizado de barriles

Dentro de las operaciones que se acaban de indicar (a excepción de la pasteurización que ya se ha visto en el apartado anterior), la más importante desde el punto de vista higiénico y ambiental es el lavado de los envases reutilizables (botellas y barriles) y el enjuagado de los envases de un solo uso (botellas y latas).

Se describen a continuación las distintas operaciones de lavado/enjuagado aplicadas a cada envase:

Lavado de botellas reutilizables

Las lavadoras que se emplean actualmente combinan técnicas de lavado por inmersión y mediante inyectores. La oferta de modelos y marcas es muy amplia, debido a que no existe un protocolo de lavado único que se adapte a las necesidades de todas las instalaciones.

No obstante, en la mayoría de los casos se comienza con un prelavado para eliminar los residuos más gruesos y precalentar las botellas. Le sigue una serie de inmersiones y lavados por inyección de un modo alternado, con concentraciones de sosa variables (0,5-2,5% aprox.) a distintas temperaturas (50-75°C aprox.). Se finaliza con una serie de enjuagados tanto interiores como exteriores, comenzando con agua templada y acabando con agua fría para rebajar la temperatura de la botella.

Los tiempos de permanencia en cada etapa son variables, aunque para los tanques de inmersión en sosa suelen ser de 5-7 minutos. El mayor problema suele ser la eliminación de etiquetas. Existe la posibilidad de recuperar las etiquetas que se desprenden a la largo de la sección de lavado, con prensado posterior para mejorar su manipulación y gestión última por separado. Igualmente, se puede contar con sistemas de filtrado y recuperación de sosa para aprovechar al máximo el potencial de limpieza de los baños, respetando siempre las condiciones higiénicas del envase.

Enjuagado de botellas de un solo uso y latas

Estos tipos de envases se reciben del fabricante casi estériles y sin etiquetas. Únicamente necesitan un chorro de aire comprimido estéril seguido normalmente de una inyección interna de agua estéril.

Lavado y esterilización de barriles

El lavado externo se lleva a cabo en un túnel donde se proyectan sobre los barriles chorros de detergente y de agua a alta presión a medida que avanzan.

El lavado interno del barril se realiza por medio de un cabezal en un ciclo de lavados y drenajes alternativos, en el que se va inyectando agua y detergente a distintas temperaturas (normalmente entre 70-80°C) durante tiempos variables (15-25s.).

Al final del lavado se puede purgar el agua remanente con vapor y recogerse para utilizarse en el primer lavado de otros barriles. Así también se consigue elevar la temperatura del barril hasta la de esterilización. A continuación se procede a la esterilización por inyección de vapor a 120°C durante 1 min. aproximadamente.

2.2 CERVEZA SIN ALCOHOL

En España se fabrican cada vez más los tipos de cerveza sin alcohol y de bajo contenido alcohólico, que difieren en su proceso de fabricación respecto alguna de las operaciones que se han descrito hasta ahora.

Ambas se pueden incluir bajo este mismo epígrafe ya que coinciden en su modo de fabricación. Por tanto todo lo aplicable a nivel productivo a la cerveza sin alcohol, también lo es para la cerveza de bajo contenido alcohólico.

El hecho que las distingue del resto de cervezas desde el punto de vista productivo, es básicamente el tratamiento que sufren durante la fermentación y/o después de la fermentación.

La cerveza sin alcohol se puede obtener mediante dos procesos diferentes:

- fermentación controlada
- técnicas de posfermentación

La fermentación controlada no difiere respecto a la fermentación normal ya que no prescinde ni incorpora ningún elemento o instalación adicional y ni siquiera varía en cuanto a la geometría y tecnología de los depósitos de fermentación habituales.

La técnica de fermentación controlada consiste en detener el proceso de fermentación, mediante un enfriamiento rápido. Los mostos normalmente se producen hasta un peso específico de 10° Plato y se fermentan hasta que el nivel de alcohol ha alcanzado un valor inferior al 1% en volumen, o bien hasta el 2,5% en volumen. Momento en el cual se enfría la cerveza rápidamente hasta 0°C y se retira la levadura.

2.2.1. Técnicas de posfermentación

Las técnicas de posfermentación si que introducen novedades respecto de las operaciones de producción tratadas hasta ahora.

La cerveza se elabora del modo habitual y cuando ha concluido la fermentación normal, se aplica alguna de las técnicas de eliminación de alcohol que se indican a continuación. Es decir, en primer lugar se produce alcohol como si se estuviera elaborando una cerveza normal y después se elimina la cantidad de alcohol que se considere.

- **evaporación.** Para ello se suele utilizar un evaporador centrífugo que combina el calentamiento de forma indirecta con el vacío y una capa muy delgada de producto sometida a centrifugación. De este modo se consigue una evaporación rápida (menos de 1 s.). Un tipo de evaporación, más utilizado que el anterior, es el que emplea torres de evaporación en lugar de evaporadores centrífugos.
- **ósmosis inversa.** Consiste en la filtración a alta presión a través de una membrana semipermeable. En este caso apenas se alteran los componentes del sabor y el aroma ya que el tratamiento se realiza a temperatura ambiente o inferior.
- **diálisis.** Se opera a temperatura ambiente y a presiones próximas a la atmosférica. Las membranas de diálisis suelen ser de celulosa pura y se soportan dentro de un módulo. La cerveza y el dializado (agua potable con un pequeño porcentaje de la cerveza a desalcoholizar) fluyen en contracorriente a través de la membrana. La difusión del alcohol de una corriente a otra se produce por los diferentes gradientes de concentración a través de la membrana. La cantidad de reducción de alcohol está controlada por las velocidades de flujo de cerveza y dializado, así como por el tiempo de residencia en el módulo de diálisis.

2.3 SERVICIOS AUXILIARES

Para el correcto funcionamiento de una instalación cervecera, al igual que para muchas otras industrias, 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
- planta de frío
- planta de tratamiento del agua de proceso
- sala de recuperación de CO₂
- sala de compresores
- centro de suministro eléctrico

- planta de depuración de aguas residuales
- mantenimiento de equipos; instalaciones y servicios
- almacén de productos químicos

2.3.1. Sala de calderas

El calor aplicado en algunas de las operaciones se genera en la sala de calderas. El calor necesario se pone a disposición de los distintos consumidores en forma de vapor, agua caliente, agua sobrecalentada, aire o aceite térmico.

Descripción de las técnicas, métodos y equipos

Para este propósito se utilizan calderas diferentes en su diseño y construcción pero basadas en el mismo principio de operación. En función del fluido caloportante que se quiera generar existen calderas de vapor, generadores de agua caliente, agua sobrecalentada, calefactores de aceite térmico y calefactores de aire. La eficiencia térmica de los generadores de calor depende en gran medida de la aplicación y del tipo de combustible. Las eficiencias, calculadas en base al poder calorífico inferior, varían en el rango 75-90%.

Fueloil, gas natural o biogas son ejemplos de combustibles habituales para calderas, especialmente los dos primeros.

2.3.2. Planta de frío

La aplicación de frío está presente en todas las fases de producción de cerveza, especialmente en la fase de fermentación y guarda donde la refrigeración de los depósitos es continua. Existen otros consumidores de frío importantes como los intercambiadores de calor de placas de enfriamiento del mosto.

Descripción de las técnicas, métodos y equipos

La refrigeración se puede realizar de dos formas; directamente, por expansión de un fluido refrigerante primario (casi siempre amoníaco) o indirectamente con el uso de un refrigerante secundario (frecuentemente agua glicolada).

Refrigeración directa

En estos sistemas de refrigeración, la evaporación del fluido refrigerante (suele ser amoníaco) se realiza directamente en las camisas dispuestas alrededor del depósito donde se encuentra la cerveza, realizando su compresión en un equipo exterior.

Refrigeración indirecta

En los sistemas de refrigeración indirecta, el fluido que se utiliza como vector de transporte de frío (normalmente agua glicolada) se enfría en una unidad central (normalmente con amoníaco) y desde allí se conduce hasta los puntos de consumo (depósitos de fermentación y guarda e intercambiadores de calor de placas).

2.3.3. Planta de tratamiento del agua de proceso

El agua puede ser de procedencia subterránea, superficial o de red. El tratamiento del agua de proceso se realiza para satisfacer las prescripciones de calidad en una serie de operaciones de proceso, muchas de las cuales tienen unas exigencias técnicas individuales. El agua de proceso normalmente debe cumplir las exigencias de calidad requeridas a un agua potable.

Descripción de las técnicas, métodos y equipos

Los distintos puntos de consumo de agua en una instalación requieren calidades específicas del agua, normalmente presentando bajos contenidos de dureza y cloro.

El volumen de consumo de agua en las cerveceras varía significativamente en función de diversas variables (necesidad de acondicionamiento del agua, antigüedad de las instalaciones, tipo de proceso elegido, etc.). Muchas cerveceras disponen por tanto de depósitos de reserva y estaciones de impulsión para asegurarse el suministro local de agua.

El tratamiento necesario para producir agua de calidad depende en gran medida de su procedencia, análisis y uso. Existen normas de aplicación por requerimientos legales. Un tratamiento mínimo implica filtrado, desinfección y almacenamiento. Sin embargo, dependiendo de los requisitos de calidad, puede incluir descalcificación, desionización o filtrado con carbón activo.

A continuación se van a describir las distintas opciones de desionización, ya que suele ser un punto crucial en la obtención de un agua acorde con las especificaciones de calidad, además de las repercusiones ambientales y económicas que se pueden derivar del uso de uno u otro sistema.

Intercambiador de iones

Se utilizan columnas de resinas intercambio iónico. 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, rica 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 membrana por la acción de un campo eléctrico generado por una corriente eléctrica directa.

2.3.4. Sala de recuperación de CO₂

El CO₂ producido durante la etapa de fermentación puede ser recuperado y acondicionado para su utilización en la propia instalación. El CO₂ es necesario para la carbonatación del producto y para presurizar depósitos y envases, creando atmósferas exentas de oxígeno.

Si no se recupera el CO₂, éste debe comprarse a empresas externas.

El proceso de recuperación y acondicionamiento de CO₂ comprende las etapas siguientes:

- recuperación
- lavado
- compresión
- desodorización y secado
- licuefacción y almacenamiento

2.3.5. Sala de compresores

El aire comprimido se suele utilizar para accionar los procesos de control neumático, presurizar depósitos que no contengan cerveza e incluso para transportar bagazo.

Se pueden emplear diferentes sistemas dependiendo de las exigencias de presión y de la calidad del aire en los puntos de consumo. El aire comprimido puede ser alimentario o industrial, el primero sin aceite, agua y microorganismos y el segundo sin aceite y agua.

2.3.6. Centro de suministro eléctrico

La mayoría de las instalaciones utilizan la electricidad suministrada por la red de abastecimiento público. Unas cuantas disponen de sus instalaciones propias de cogeneración, produciendo tanto energía eléctrica como térmica y vapor.

Si el suministro de energía no es estable, se debe contar con generadores de emergencia.

2.3.7. Planta de depuración de aguas residuales

A pesar de las precauciones y medidas preventivas que se toman en las instalaciones cerveceras para evitar la producción de efluentes, es inevitable por la propia naturaleza de algunos

procesos, la generación de aguas residuales que deben ser tratadas antes de su vertido final al medio receptor.

Existe una gran variabilidad en las características de las aguas residuales generadas en la industria cervecera, podemos encontrar algunas características comunes, como son:

- Volumen de generación elevado y gran 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.
- Ocasionalmente, pueden tener pH extremos debido a las operaciones de limpieza .

Las diferencias existentes en las características de las aguas residuales generadas en las distintas instalaciones dependen entre otros factores de:

- Grado de optimización del consumo del agua.
- Tipo de limpieza y productos químicos utilizados.
- Porcentaje de envases reutilizados frente a los no reutilizables.
- La gestión de los residuos realizada (aporte o no de levadura, tierra de diatomeas, turbios o cerveza residual a las aguas residuales).
- La necesidad o no preparar el agua de proceso.

Descripción de las técnicas, métodos y equipos

Obviamente, no existe un sistema de depuración universal aplicable a las instalaciones cerveceras, sin embargo, por las características comunes que presentan estos efluentes se pueden describir aquí las operaciones que suelen ser comunes a casi todas ellas.

Desbaste

Cuando el agua residual llega a la cabecera de la depuradora arrastra una cierta cantidad de sólidos gruesos que deben ser separados para no impedir el correcto funcionamiento de los equipos posteriores. Para tal fin se pueden emplear rejillas de gruesos para los sólidos de mayor tamaño y tamices para las partículas más finas.

Aunque no es necesario, en algunos casos puede ser aconsejable realizar una decantación primaria de los sólidos sedimentables después del desbaste. La implantación de este tratamiento dependerá de cada caso particular y debe ser objeto de un estudio específico.

Neutralización

Los sistemas de tratamiento biológico trabajan en un rango de pH estrecho y concreto, por ese motivo es sumamente importante evitar las variaciones bruscas de pH. La neutralización puede alcanzarse aplicando alguno de los siguientes métodos:

- Métodos basados en el aprovechamiento de las distintas corrientes residuales (gases o líquidas) generadas en la instalación. Antes de enviar a la depuradora un efluente con valor

de pH extremo es conveniente prever la posibilidad de mezclarlo con otro efluente que presente un nivel de pH opuesto. En el caso concreto de la limpieza CIP, es recomendable mezclar los efluentes ácidos y básicos antes de su vertido para lograr la neutralización parcial del efluente conjunto. También es posible conseguir una neutralización parcial en las balsas de homogeneización.

- Neutralización biológica espontánea. El pH en las balsas de homogeneización puede descender sin aporte de reactivo ácido, debido a la hidrólisis de la materia orgánica. Este efecto es difícil de controlar pero hace disminuir las necesidades de aporte de reactivos a los efluentes básicos. Para conseguir el efecto de neutralización biológica el tiempo de retención hidráulica puede ser un factor limitante.
- Neutralización por adición de reactivos. Cuando no se puede obtener el nivel de pH óptimo por los métodos anteriores, hay que recurrir al empleo de reactivos. En las instalaciones cerveceras existe una alternativa a la utilización de ácidos para neutralizar efluentes con pH básico como es la utilización del gas carbónico procedente del proceso fermentativo.

Homogeneización

Dada la gran variabilidad diaria existente en los vertidos en cuanto a caudal y características químicas, es necesario 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. De otro modo se pueden presentar problemas de explotación general y pérdida de efectividad de los procesos de tratamiento situados aguas abajo. La homogeneización se lleva a cabo en balsas, con agitación y aireación.

Dependiendo de las características de los efluentes, el tanque de homogeneización puede servir a su vez para amortiguar las variaciones de pH. La homogeneización puede realizarse antes, durante o después de la neutralización. En caso de que la neutralización se lleve a cabo en la planta de depuración, se realiza normalmente después de la homogeneización para aprovechar al máximo su efecto sobre el buen funcionamiento de los reactores biológicos.

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 cerveceras.

Existen dos posibilidades de selección del sistema biológico; el sistema aerobio y el anaerobio, En la industria cervecera es común la instalación de ambos sistemas en serie, situando primero el reactor anaerobio.

La depuración de la materia orgánica vía anaerobia permite reducir el consumo de energía y la producción de fangos frente a los tratamientos aerobios.

- **Sistema anaerobio.** El principio de tratamiento consiste en la descomposición de la materia orgánica en CH_4 y CO_2 , en ausencia de oxígeno. El proceso se lleva a cabo en un reactor en condiciones anaerobias. Este sistema se emplea para efluentes con alta carga orgánica.

La mayor parte de las cerveceras emplean reactores en los que se utilizan bacterias metanogénicas con capacidad de formar fango granular. Estos sistemas permiten retener mayor cantidad de biomasa que los CSTR (*reactor de mezcla completa*) por lo que son más

adecuados para el tratamiento de aguas residuales de cerveceras caracterizadas por tener una concentración de materia orgánica relativamente baja.

El Sistema UASB (*sistema anaerobio de manto de fango de flujo ascendente*) fue uno de los que primero se implantó en la industria cervecera española y el que se sigue siendo utilizando mayoritariamente en el sector. 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 biogas). En estos sistemas se obtienen cargas volumétricas de 5-15 kg DQO/m³·d

En los últimos años han aparecido una nueva generación de reactores, que basados en el sistema UASB que permiten mejorar el rendimiento de separación de los fangos y aumentar la carga volumétrica del reactor. Los más utilizados en la industria cervecera son:

- ❑ *EGSB reactor (reactor de lecho de lodos expandido)*. Es como un reactor UASB pero mucho más alto (12-16 m de altura frente a los 4.5-6.5 m del UASB). La mayor altura del reactor permite utilizar mayores velocidades de flujo ascendente que provoca la expansión del fango granular mejorando la carga volumétrica del reactor (15-25 kg DQO/m³·d). El sistema de separación de las tres fases (biogas, agua y fango) es similar al del UASB.
- ❑ *IC Reactor (Internal Circulation)*. Básicamente consiste en dos reactores UASB colocados uno encima del otro, con una altura total de 16-24 m. La parte del reactor que está en la base recibe un flujo de recirculación interna que genera un régimen turbulento en el que se pueden mantener elevadas cargas másicas. La propia presión del biogas generado permite realizar la recirculación sin consumo externo de energía. Un separador intermedio permite recoger el biogas producido y reducir la turbulencia en la parte superior del reactor, con lo que se consigue una mejor separación del fango del agua en el segundo separador. En conjunto, la carga volumétrica en un reactor IC puede ser de 20-30 kg DQO/m³·d.

Los sistemas anaerobios pueden combinarse con una instalación de recuperación y depuración del biogas generado para ser utilizado como combustible. La depuración del biogas 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 biogas, se debe disponer de una instalación para su incineración en antorcha.

- **Sistema aerobio.** El principio básico del tratamiento aerobio de la materia orgánica es la conversión de la fracción biodegradable en CO₂ y fangos (biomasa). La conversión se lleva a cabo con aporte de O₂ 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 relacionadas con el tipo de agitación (mecánica, hidráulica, neumática), tipo de aireación (mecánica, inyección, oxígeno

puro,...), etc. 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.

El exceso de fangos producidos durante la depuración aerobia suele ser abundante, necesitando una línea de deshidratación para facilitar y reducir los costes de su gestión.

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. La presencia de granos de malta o de tierras de diatomeas en las aguas residuales no afecta al sistema ya que pasan a través de él sin decantar. En ocasiones, este sistema debe ir acompañado de un sistema de flotación de sólidos DAF (*flotacion por aire disuelto*) que asegure la eliminación de sólidos en el efluente.

2.3.8. 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. Durante las operaciones de mantenimiento se generan residuos, principalmente residuos de envases y chatarras.

Los residuos peligrosos generados (aceites usados, grasas, lubricantes, tubos fluorescentes, baterías, residuos de envase peligrosos, etc.) son comunes a los generados en cualquier otra actividad industrial y su gestión debe ser la adecuada.

2.3.9. Almacén de productos químicos

La mayor parte de los productos químicos que se manejan en las fábricas de cerveza lo constituyen los productos de limpieza y desinfección.

Las materias líquidas se suelen recibir a granel en cisternas o contenedores y a continuación se bombean a los depósitos de almacenamiento. Para cantidades pequeñas, se pueden recibir también en contenedores a granel más pequeños o en bidones o garrafas. Estos últimos se transportan con las carretillas elevadoras y se ubican en el almacén apropiado.

Para facilitar un mayor control se tiende, siempre que se puede, a centralizar el almacenamiento de las sustancias químicas en una misma zona. Esto va a estar condicionado por diversos factores, como la necesidad de gran espacio de almacenamiento de algunas sustancias respecto a otras, la proximidad a los puntos de consumo o las incompatibilidades químicas entre sustancias. En cualquier caso se deben prever los elementos de detección y contención necesarios en caso de derrames y fugas.

2.4 LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN.

La limpieza y desinfección en la industria cervecera, al igual que para el resto de los sectores de fabricación de alimentos y bebidas, es de suma importancia, pues el producto que se elabora está destinado a consumo humano.

El objetivo de la limpieza y desinfección tiene varias vertientes; garantizar la seguridad alimentaria del producto, cumplir con los requisitos de calidad exigibles y salvaguardar la seguridad de los empleados. Todo ello, además, debe estar en consonancia con los condicionantes legales.

Los agentes de limpieza suelen ser alcalís (hidróxido sódico y potásico, metasilicato, carbonato sódico), ácidos (ácido nítrico, fosfórico, cítrico y glucónico), productos compuestos que contienen agentes quelantes (EDTA, NTA, fosfatos, polifosfatos, fosfonatos), agentes de actividad en superficie y/o enzimas. En la operación de desinfección se pueden utilizar varios productos, como hipocloritos, yodóforos, peróxido de hidrógeno, ácido peracético y compuestos de amonio cuaternario. Los enjuagues, tras la aplicación de las soluciones de los distintos agentes de limpieza/desinfección, suele hacerse con agua caliente.

2.4.1. Limpieza de equipos e instalaciones

La limpieza de las instalaciones (suelos, muros, etc.) y el exterior de los equipos se hace de modo manual o semiautomático pues no existen actualmente sistemas totalmente automatizados. Puesto que la mano de obra es cara y generalmente implica un consumo excesivo de agua y productos de limpieza, se tiende cada vez más a la mecanización de los métodos manuales. Por el contrario, la limpieza interior de los equipos suele estar totalmente automatizada.

Descripción de las técnicas, métodos y equipos

Manual

La limpieza manual admite distintos métodos dependiendo de la zona que se limpie:

- En las zonas donde puede ocurrir caída de materiales sólidos, la limpieza puede hacerse mediante baldeos con agua a presión o en seco. En este segundo caso las operaciones pueden abarcar desde la limpieza no programada con cepillos o escobas durante tiempos muertos por parte de los operarios a cargo de otras tareas productivas, hasta sistemas móviles de aspiración en zonas susceptibles de derrames de material sólido (malta, harina, tierra de diatomeas, etc.).
- En las zonas donde suele producirse derrame de líquidos la práctica más habitual es el baldeo con agua.
- Para la limpieza general de mantenimiento de los suelos se pueden utilizar vehículos autopropulsados, que realizan una limpieza por chorro de agua y cepillado conjunto, de la superficie sobre la que se desplaza. Al igual que en los casos anteriores, se puede recurrir a la limpieza mediante baldeos con agua.
- Para la limpieza de paredes se suelen utilizar espumas, las cuales se dejan en contacto con las superficies y luego son enjuagadas con agua, arrastrando la suciedad remanente.

- La limpieza manual de equipos en la industria cervecera está prácticamente en desuso actualmente. Ello ha estado motivado por la adopción progresiva de las compañías cerveceras de las últimas tecnologías y procesos de fabricación, cuyo diseño ha estado generalmente orientado hacia la limpieza automática de equipos. No obstante es inevitable recurrir a una limpieza manual o semiautomática de las superficies exteriores de los equipos. Con ese fin se puede recurrir a los sistemas de rociado a presión.

Automático

El sistema automático más empleado en las plantas cerveceras es el conocido con el término inglés “Clean In Place” o abreviadamente CIP. Se emplea específicamente en procesos y depósitos cerrados, tanto estacionarios como móviles (pequeñas unidades). El programa de limpieza opera normalmente en modo automático. Los siguientes pasos se pueden distinguir: preenjuagado con agua, circulación con un agente de limpieza, enjuagado intermedio, desinfección y enjuagado final con agua.

Una etapa adicional de prelimpieza asociado a los sistemas CIP (con el doble objetivo económico y ambiental de recuperar producto de las tuberías antes de bombear agua) consiste en hacer circular un objeto inerte y flexible por los conductos que transportan cerveza. Este sistema se llama, según la terminología inglesa, *pigging*.

Dependiendo del tamaño de la instalación, los sistemas CIP pueden ser:

- Localizados. Cuando el tamaño de la instalación es muy grande y se necesita una unidad independiente cercana a cada circuito a limpiar.
- Centralizadas. Cuando el tamaño de la instalación permite que una sola central abastezca a todos los circuitos.
- Satélite. Es una combinación de las anteriores, en las que los tanques de carga ubicados cerca de los respectivos circuitos, reciben las soluciones sin calentar desde una central común a través de una conducción circular. Desde aquí se bombea al circuito, a través de un calentador, sólo el volumen exacto que precise cada instalación.

Otra clasificación de los sistemas CIP se puede hacer basándose en la posibilidad de reutilización de las soluciones de limpieza:

- CIP de empleo no recuperable
- CIP de empleo repetido

3 NIVELES ACTUALES DE CONSUMO Y EMISIÓN

En este capítulo se van a indicar los valores de consumo de los recursos más característicos en la industria cervecera. Igualmente se indican los valores de los parámetros de emisión más representativos del sector, especialmente 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 cerveza son el agua, la energía, dividida en los dos componente más utilizados en cervecería, es decir energía eléctrica y energía térmica, así como el consumo de materiales.

Los aspectos ambientales más significativos asociados a emisiones son la generación de aguas residuales y de residuos. También se tratan aquí las emisiones atmosféricas y la generación de ruido y olores, aunque los parámetros contaminantes de estos tres últimos aspectos tienen menor relevancia en términos generales en comparación con los anteriores.

Los valores cuantitativos que se presentan han sido facilitados mediante cumplimentación de un cuestionario por las instalaciones productivas pertenecientes a cuatro grupos cerveceros. Por lo tanto se trata de valores actualizados, típicos de las plantas productivas españolas, aunque deben considerarse únicamente como orientativos del sector cervecero 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 un **“hl de cerveza envasada”**.

Con el fin de simplificar y hacer más manejable y operativa la guía, el término **“cerveza envasada”** engloba a todos los tipos de cerveza que se elaboran en cada instalación. Son muchos los tipos de cerveza y distintos los niveles de consumo y emisión que se desprenden de la elaboración de cada uno. No obstante, los rangos de valores que se indican en este documento tratan de integrar las diferencias que se derivan de la producción de los distintos tipos de cerveza, así como del resto de los múltiples factores que pueden influir en esa variabilidad.

En la siguiente figura 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 instalaciones cerveceras españolas para el proceso de elaboración de un hectolitro de cerveza envasada.

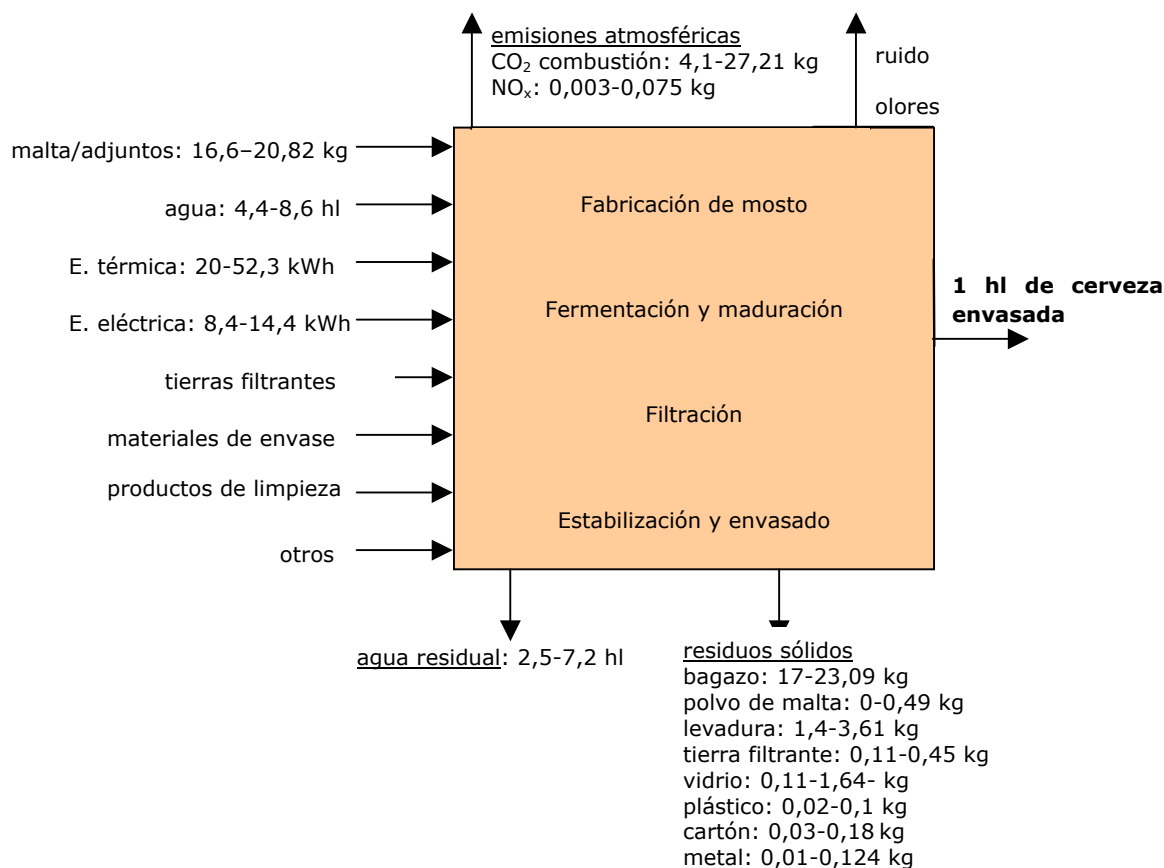


Figura 8.- Balance general para la fabricación de 1 hl de cerveza

Como se aprecia en el esquema anterior, algunos rangos numéricos son relativamente amplios.

En el caso de la industria cervecera, como en casi todas las industrias de medio y gran tamaño con un elevado número de operaciones y procesos de cierta complejidad y dependientes para su funcionamiento de multitud de servicios auxiliares, los niveles de consumo y emisiones son función de muchos factores, entre los cuales se indican los siguientes ejemplos:

- capacidad productiva y antigüedad de la instalación,
- tipos de cerveza y procesos de elaboración aplicados,
- ubicación geográfica y condiciones climatológicas,
- posibilidades de acceso a redes de suministro de ciertos combustibles, como gas natural,
- tipología de los envases empleados y proporción de envases reutilizables que se ponen en el mercado,
- distancia a núcleos urbanos,
- sistemas de depuración empleados y manejo de los mismos,
- composición inicial del agua de abastecimiento.

Los anteriores factores son inherentes a la instalación productiva y sus circunstancias particulares. Sin embargo existe otro factor de incertidumbre que tiene que ver con el método y las condiciones particulares en que se han realizado los cálculos, medidas o estimaciones de los valores de emisión. La metodología e hipótesis aplicadas para obtener los niveles de consumo y emisiones suelen ser diferentes entre las diversas fuentes de información.

3.1 ASPECTOS AMBIENTALES EN LAS INSTALACIONES CERVECERAS

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.

Tabla 5. Resumen de los aspectos ambientales significativos y operaciones donde se producen

Aspecto ambiental	Operación	Tipo de aspecto/Parámetro contaminante
Consumo de materiales	Envasado (limpieza de envases)	Prod. químicos
	Limpieza de equipos	Prod. químicos
	Envasado	Envases
Consumo de agua	Limpieza de equipos	Elevado volumen de agua
	Estabilización microbiológica	Idem
	Envasado (limpieza de envases)	Idem
	Cocción	Idem
	Enfriamiento del mosto	Idem
Consumo de energía térmica	Envasado (limpieza de envases)	Elevado consumo de calor
	Estabilización microbiológica	Idem
	Maceración	Idem
	Cocción	Idem
Consumo de energía eléctrica	Tratamiento de agua de proceso	Elevado consumo de electricidad
	Enfriamiento del mosto	Idem
	Fermentación	Idem
	Guarda	Idem

Generación de aguas residuales	Envasado (limpieza de envases)	DQO, SS, pH, conductividad, T ^a
	Tratamiento de agua de proceso	Cl ⁻ , pH, conductividad
	Limpieza de equipos	DQO, SS, N, P, pH, conductividad, T ^a
	Estabilización microbiológica	Caudal, T ^a
	Enfriamiento del mosto	Caudal, T ^a
Generación de residuos	Filtración del mosto	Bagazo
	Clarificación del mosto	Turbios
	Fermentación	Levaduras
	Guarda	Levaduras
	Clarificación de la cerveza	Tierras de diatomeas
	Envasado	Envases
	Planta de depuración de aguas residuales	Lodos de depuración
Emisiones atmosféricas	Recepción y almacenamiento de materiales	Polvo de malta
	Sala de calderas	CO ₂ , NO _x
	Planta de frío	NH ₃ o HFCs
Olores	Planta de depuración de aguas residuales	Emisión de olores
	Cocción	Emisión de olores

Las mejores técnicas disponibles que se exponen y describen en el capítulo 4 se han basado en los distintos binomios aspecto/operación que se pueden extraer de la anterior tabla, considerando las posibilidades de mejora ambiental de estos aspectos, sin comprometer de modo alguno la calidad del producto y las condiciones sanitarias y de seguridad de personas e instalaciones.

3.2 NIVELES DE CONSUMO

3.2.1. Materiales

Después del agua, el principal ingrediente de la cerveza es la malta de cebada. Otros ingredientes básicos son igualmente importantes para conseguir un producto con las características que de él espera el consumidor, como son el lúpulo (generalmente en forma de concentrados o extracto) y la levadura, aunque se consumen en cantidades mucho menores.

El consumo de malta en las fábricas españolas oscila en el rango **16,6–20,82 kg/hl de cerveza envasada**. Estos valores incluyen además de la malta de cebada, otras fuentes de hidratos de carbono fermentescibles, como suelen ser medianos de arroz y maíz, siendo la proporción utilizada de estos complementos inferior al 30% en cualquier caso.

La cantidad procesada de malta y adjuntos es un valor establecido conforme a la receta y especificaciones de producto, por lo tanto difícilmente modificable. Que el consumo en cada instalación se aproxime más a cada uno de los límites del rango dependerá entre otros factores de los tipos de cerveza que se elaboren, de modo que a mayor grado Plato⁴ del mosto mayor consumo de malta.

Obviamente, el consumo de materiales en una instalación cervecera, al igual que en todas las actividades fabriles de cualquier sector productivo, no se limita a las materias primas básicas, sino que se emplean además materias primas secundarias y auxiliares en mayor o menor grado. La variedad de materiales utilizados en cervecería suele ser amplia, aunque los consumos específicos de los materiales secundarios o auxiliares son por lo general reducidos.

3.2.2. Agua

El agua es el componente principal de la cerveza, constituyendo aproximadamente el 95% en peso del producto. Pero además de ser la materia prima mayoritaria de la cerveza, es una sustancia indispensable para el funcionamiento de gran número de operaciones.

Los principales usos del agua en la elaboración de cerveza son:

- limpieza de equipos e instalaciones,
- incorporación a producto,
- circuitos de refrigeración y calderas,
- envasado,
- sanitarias.

Respecto al agua incorporada a producto, hay que hacer en este momento una matización por la importancia que tiene tanto desde el punto de vista de la calidad del producto como por la influencia que puede tener en el consumo total de la instalación. Si la composición química del agua de abastecimiento en la zona donde se ubica la instalación no es la idónea para ser empleada directamente como materia prima, es necesario realizar una serie de tratamientos de eliminación y/o adición de ciertos constituyentes minerales hasta ajustar la concentración apropiada de iones, con el fin de evitar efectos perjudiciales en la calidad de los mostos y cervezas y en la propia marcha de los procesos y funcionamiento de los equipos.

Este acondicionamiento previo del agua, en muchos casos inevitable, puede hacer que el consumo se incremente notablemente ya que el ajuste de la composición requerida no se puede realizar sin una cierta pérdida de agua. Estas pérdidas se producen en forma de concentrados o rechazos si se utilizan métodos basados en la ósmosis inversa o la electrodialisis, o como agua procedente de la regeneración de resinas de intercambio iónico si se opta por esta solución.

⁴ Un grado Plato equivale a una cantidad de extracto en el mosto del 1%.

El mayor consumo de agua se suele producir en las operaciones de limpieza de equipos e instalaciones, tanto las que se realizan manual o semiautomáticamente (la limpieza de suelos o superficies exteriores) como las realizadas mediante los sistemas automáticos CIP.

En la línea de envasado existen dos puntos de elevado consumo de agua, a saber el acondicionamiento de los envases reutilizables y los túneles de pasteurización. También hay que mencionar el consumo de agua debido a la lubricación de las cintas de transporte en las líneas de envasado.

Mención aparte merece el agua utilizada en la operación de enfriamiento del mosto antes de introducirlo en los tanques de fermentación. Esta sencilla y rápida operación suele consumir por sí misma, al menos, tanta agua como mosto se produce en la instalación. Sin embargo, las condiciones favorables del agua de enfriamiento a la salida del intercambiador de calor, unido a la importante ganancia de temperatura que experimenta el agua de enfriamiento, la hace idónea para ser recuperada y reutilizada en otras partes del proceso productivo.

En las instalaciones españolas el consumo total de agua es de **4,4-8,6 hl/hl**. Estos valores incluyen el volumen total de agua de cualquier procedencia y destinada a cualquier uso, desde la preparación de agua para incorporación a producto (en los casos que sea necesario) hasta la utilizada para baldeos de limpieza o preparación de soluciones de limpieza CIP.

El consumo de agua en las cerveceras es uno de los aspectos ambientales que más fluctúa entre unas instalaciones y otras. Esta variabilidad es una consecuencia inmediata de la alta dependencia que de este recurso tienen las industrias del sector de transformación y elaboración de alimentos en general y las cerveceras en particular y de la multitud de procesos, operaciones y equipamiento que guardan una relación directa con el uso de agua. En otras palabras, el número de parámetros que entran en juego en las alternativas de los usos del agua en la industria cervecera es *per se* enorme, a lo que hay que añadir la casuística particular de cada planta.

3.2.3. Energía

El consumo de energía en las plantas cerveceras sigue el mismo patrón que el consumo de agua, es decir, alta variabilidad por el gran número de operaciones dependientes de suministro energético para su correcto funcionamiento, diferentes modos de gestión de la energía de cada usuario, eficiencia energética de los equipos y estado de mantenimiento de los mismos. El consumo eléctrico de las operaciones realizadas en el exterior y a bajas temperaturas tiene una fuerte dependencia de las condiciones climatológicas.

En las fábricas de cerveza se puede hablar *a grosso modo* de una *zona caliente* con predominancia de operaciones con una alta demanda de energía térmica. La fase de fabricación del mosto estaría incluida en esta zona. La segunda zona sería la *zona fría*, donde destacan las operaciones con necesidad de frigorías, proporcionadas en gran medida por sistemas accionados eléctricamente. Aquí se podrían incluir el resto de fases de producción, a saber fermentación y guarda, filtración, estabilización microbiológica y envasado. Aunque, como excepción, en esta última fase de envasado se realiza la etapa de pasteurización flash o en túnel, con una alta demanda de energía térmica.

Aunque el consumo energético se ha identificado como uno de los aspectos ambientales significativos en los centros productivos de cerveza, en términos económicos los costes energéticos no son excesivamente altos, situándose entorno al 4%-5% de los costes totales.

No obstante, este hecho no ha limitado la motivación de los profesionales del sector por continuar estudiando nuevas técnicas u optimizar las existentes, ya que es un ámbito en el que todavía se pueden lograr mayores eficiencias.

El consumo de energía en una planta cervecera suele repartirse entre la energía térmica y la energía eléctrica en una proporción más o menos constante de 3:1, es decir el 75% del consumo energético corresponde a producción de calor y el 25% restante a consumo eléctrico, cuya principal finalidad es la producción de frío.

El nivel de energía térmica consumida se sitúa entre **20,0-52,3 kWh/hl**. Este dato confirma la gran diferencia que puede existir entre los distintos centros productivos. Generalmente, las instalaciones más pequeñas presentan consumos de energía térmica más cercanos al límite superior del rango. Esta menor eficiencia térmica está relacionada en gran parte por el mayor número de paradas por cambio de producto que pueden producirse en las plantas de menor tamaño. En general, la eficiencia energética de las instalaciones pequeñas es considerablemente menor que en las grandes.

Hay que destacar especialmente dos etapas de la fabricación de mosto por su alta demanda de calor, la maceración y la cocción. En ésta última, debido a que se tienen llevar grandes volúmenes de mosto hasta la temperatura de ebullición y mantenerla durante tiempos comprendidos entre los 60 y 120 minutos, es donde se registran los mayores consumos de energía térmica.

El resto de calorías se reparte entre un grupo de operaciones con demandas que también se pueden considerar elevadas, como son la estabilización microbiológica en túneles de pasteurización o los intercambiadores de calor para pasteurización flash, sin olvidar la zona del tren de envasado donde se limpian las botellas reutilizables y barriles con soluciones de sosa y enjuagues calientes sucesivos, así como las operaciones de limpieza donde se necesitan volúmenes importantes de agua caliente.

Respecto a la energía eléctrica, los niveles de consumo se sitúan en el rango **8,4-14,4 kWh/hl**. Los principales consumidores de energía eléctrica son los sistemas de generación de frío, localizados en un área concreta de la instalación, aunque los puntos de consumo reales de las frigorías transferidas por los distintos fluidos vectores (amoníaco, agua, agua glicolada, etc.) están ubicados en distintas partes de la planta. La distribución y bombeo de los fluidos vectores también supone un consumo eléctrico a tener en cuenta.

Como ya se ha comentado anteriormente, la imaginaria *zona fría* de la planta se caracteriza por una serie de operaciones que necesitan el aporte constante de frío para su funcionamiento adecuado y para mantener la cerveza en unas condiciones de procesado apropiadas. Las mayores beneficiarias de frío e indirectamente consumidores de energía eléctrica son las operaciones de fermentación y guarda y los diversos intercambiadores de calor empleados para bajar la temperatura del mosto y la cerveza al inicio o finalización de algunas operaciones, como el enfriamiento del mosto antes de su entrada en los tanques de fermentación y el enfriamiento de la cerveza antes de entrar en el sistema de filtración.

No hay que olvidar otras operaciones realizadas a temperatura ambiente que también son consumidores de energía eléctrica a menor escala, entre las que se puede mencionar el envasado, la molienda de la malta, la generación de aire comprimido en la sala de compresores, la recuperación de CO₂ (en aquellas plantas que disponen de este servicio), el tratamiento del agua de proceso (en las plantas en las que haya que modificar la composición química del agua de proceso) o la planta de depuración de aguas residuales.

3.3 NIVELES DE EMISIÓN

3.3.1. Agua residual

El volumen de agua residual que se genera en las instalaciones cerveceras corresponde al agua total consumida descontando la que se incorpora al producto final, la que se evapora en las operaciones de producción y servicios auxiliares y la que queda absorbida en la matriz sólida de los residuos generados.

El volumen total de agua residual vertida en los centros productivos españoles oscila entre **2,5-7,2 hl/hl**. Este amplio rango de emisión está relacionado directamente con el nivel de consumo de agua y con la eficiencia de la gestión que cada fábrica hace de este recurso.

Realizando un balance entre el volumen de agua consumida con el volumen de agua residual vertida, se obtiene que el agua que no abandona la instalación como efluente residual fluctúa entre 1,4 y 1,9 hl/hl de cerveza envasada, que en términos relativos se traduce en 16,2%-43,1%. Estos porcentajes se distribuyen entre el agua incorporada al producto, la retenida en los residuos sólidos y la emitida a la atmósfera en forma de vapor.

El volumen total del agua residual producida proviene principalmente de las operaciones de limpieza de equipos e instalaciones, siendo a la vez la corriente que normalmente aporta mayor carga contaminante, ya que las soluciones de limpieza además de contener diversas sustancias químicas como agentes de limpieza y desinfección, entran en contacto directo con la superficie de equipos, conductos y depósitos que han transportado o contenido mosto, cerveza o materias primas, incrementando considerablemente la carga orgánica y la cantidad de sólidos en suspensión entre otros parámetros.

Otros efluentes importantes tienen su origen en la línea de envasado. En la cabecera de los trenes de envasado se realiza el acondicionamiento de los barriles y envases reutilizables. La corriente residual que se genera en esta zona tiene importancia no tanto por el volumen que se produce, como por la carga contaminante que aporta. Sus características son similares a los efluentes de limpieza de equipos e instalaciones, pues confluyen el uso de sustancias químicas más o menos agresivas con la eliminación de restos de cerveza y sólidos que pueden contener los envases.

El otro punto significativo de generación de agua residual en la línea de envasado es el túnel de pasteurización. Este equipo ha sido tradicionalmente un punto de alto consumo y emisión de agua, aunque actualmente los diseños de los túneles de pasteurización se han adaptado para evitar tanto el vertido de agua como el consumo energético. La corriente residual procedente de los túneles no suele llevar una carga contaminante importante, sí puede llegar a serlo el caudal en el caso de equipos antiguos no optimizados.

Finalmente se deben mencionar otros dos puntos generadores de agua residual. La que se utiliza para enfriar el mosto y la que se produce en la planta de tratamiento del agua de proceso. El primer caso es una corriente residual más potencial que real, pues como se indicó en el apartado 3.2.2. las posibilidades de recuperación y reutilización de esta corriente son muy factibles.

Respecto al efluente que se genera en la planta de acondicionamiento de agua de proceso, es muy difícil valorar en conjunto las características del vertido, ya que depende fuertemente de la composición del agua a la entrada y del sistema de acondicionamiento empleado. En algunos casos puede ser muy leve o incluso innecesario el acondicionamiento del agua de proceso. En otras situaciones menos favorables, en las que es estrictamente necesario utilizar columnas de intercambio iónico o sistemas de ósmosis inversa o electrodiálisis para garantizar la composición constante del agua de proceso, se pueden verter corrientes de rechazo o de regeneración de resinas importantes, tanto en volumen como en carga inorgánica, originada por la concentración alta de sales.

El agua residual de las cerveceras se caracteriza por una serie de parámetros contaminantes, cuyos valores típicos se muestran en la siguiente tabla. Los rangos de valores están expresados en kg/hl de cerveza envasada.

Tabla 6.- Valores característicos de la carga contaminante de las aguas residuales de elaboración de cerveza (kg/hl)

	DQO	Sólidos en suspensión	Nitrógeno total	Fósforo total	Cloruros
Antes de depuración	0,5-2,9	0,06–0,28	0,01–0,06	0,01–0,1	0,06 – 0,2
Después de depuración	0,02 – 0,42	0,005–0,17	0,0026–0,031	0,0011-0,009	0,026-0,34

La característica más destacable de las aguas residuales de cervecería es su elevada carga orgánica y su alta biodegradabilidad, lo que favorece sus posibilidades de depuración mediante métodos biológicos. En el capítulo 2, apartado 2.3.7., se hace referencia a las características de las aguas residuales y se describen los sistemas y métodos de depuración más habituales en las instalaciones cerveceras.

Una vez más, se observa una gran variabilidad en los parámetros característicos del agua residual. Además de la inevitable variabilidad vinculada a las múltiples opciones de gestión y usos específicos del agua que se realizan en cada centro productivo, hay que añadir las condiciones de las redes de drenaje de efluentes, de manera que el grado de segregación de las corrientes tiene una marcada influencia en el volumen y carga contaminante del agua residual que entra en el sistema de depuración (propio o ajeno).

Los diferentes sistemas de depuración de que disponen las cerveceras y el modo en que son operados también es un factor de variabilidad importante como se desprende de los datos de la tabla anterior. Los rendimientos de depuración pueden ser muy diferentes por este motivo y por los distintos límites de vertido impuestos a las diferentes instalaciones en función del punto de vertido final y de la legislación en materia de aguas residuales que afecta a cada municipio o comunidad autónoma.

3.3.2. Generación de residuos/subproductos

La mayor parte de los restos de producción generados en las cervecerías son de carácter orgánico, que pueden ser considerados como subproductos ya que pueden ser aprovechados por otras industrias (alimentación humana, alimentación animal, farmacia, etc.) o para utilización agrícola como abono orgánico. Dado el posible valor comercial de los residuos sólidos generados en el proceso de producción y la elevada DBO₅ que presentan, es recomendable minimizar el vertido de éstos junto a las aguas residuales.

También se generan cantidades elevadas de residuos asimilables a urbanos (vidrio, cartón, plásticos, metálicos, etc.), derivados de las operaciones de recepción de materia prima y envasado.

Hay ciertos residuos, considerados peligrosos, generados durante el mantenimiento de las instalaciones (aceites usados, tubos fluorescentes, disolventes, residuos de envase peligrosos, etc.) comunes a los generados en cualquier otra actividad y su gestión debe ser la adecuada.

Se puede hacer una clasificación de los residuos generados atendiendo a su distinta naturaleza. Se presentan seguidamente las cantidades de residuos, agrupados en cuatro categorías. La clasificación como “residuo” o “subproducto” dependerá del destino final que se dé a ese resto de producción.

Residuos orgánicos/subproductos (kg/hl de cerveza envasada)

- bagazo y turbios 16,99-23,09
- levadura 1,4-3,61
- polvo de malta 0-0,49

Residuos asimilables a urbanos (kg/hl de cerveza envasada)

- vidrio 0,11-1,64
- plástico 0,02-0,1
- cartón 0,03-0,18
- metal 0,01-0,124
- madera 0,01-0,166
- basura 0,09-0,55
- otros 0-0,04

Peligrosos (kg/hl de cerveza envasada)

- envases 0,00021-0,005
- fluorescentes 0,002-0,012
- disolventes 0,00001-0,0003
- otros 0,0005-0,0113

Otros (kg/hl de cerveza envasada)

- tierra de diatomeas 0,11-0,45
- lodos de depuradora 0,35-3,57

Como se aprecia de los datos anteriores, los subproductos de carácter orgánico componen el grupo de mayor importancia desde el punto de vista del volumen generado. Es especialmente abundante la generación de bagazo, que son los restos de malta una vez procesada. Debido a que la malta es la materia prima sólida más utilizada en la elaboración de cerveza (16,6-20,82 kg/hl de cerveza envasada), no es sorprendente que se produzcan cantidades de este orden de magnitud. En las cantidades producidas hay que considerar los diferentes grados de humedad que puede tener el bagazo y los turbios calientes que normalmente se mezclan con el bagazo.

El bagazo se genera en la etapa de filtración del mosto, que tiene lugar en las cubas-filtro o en los filtros-prensa. Suele ser un subproducto apreciado por los ganaderos de las zonas próximas a las cerveceras, sin embargo su salida no es fácil para aquellas instalaciones ubicadas en zonas donde no existe actividad ganadera.

El segundo subproducto en volumen de generación es la levadura. La levadura se añade en pequeñas cantidades en los tanques de fermentación para transformar los azúcares en etanol y CO₂. Durante la fermentación se produce una cantidad de levaduras aproximadamente cuatro veces superior a la cantidad introducida y son retiradas de los tanques una vez concluye la fermentación.

Parte de esta levadura retirada se vuelve a introducir en los tanques para aprovechar al máximo su actividad fermentativa, pero la mayor parte debe ser gestionada como un subproducto aprovechable en otras industrias. Las salidas de la levadura también pasa por la posibilidad de ser utilizada en alimentación del ganado, además de poder servir de materia prima en la industria alimentaria, cosmética y farmacéutica. Pero la facilidad de su aceptación por terceros como materia prima depende bastante de su contenido en humedad, de modo que a mayor deshidratación mayor aceptabilidad en el mercado.

La amplia variabilidad de los valores del rango de producción de levadura residual se debe a los muy distintos grados de sequedad que puede tener en el momento de su cuantificación y al número de veces que se reintroduce en los tanques de fermentación.

El polvo de malta es uno de los principales aspectos ambientales potenciales en cuanto a emisiones atmosféricas. Los sistemas de control de emisión de polvo de malta facilitan la recuperación parcial de este polvo y dependiendo entre otros factores, de las condiciones de recogida y del tipo de procesos que se realizan, se puede reintroducir en el proceso o ser utilizada por terceros como alimento para el ganado.

El grupo de los residuos asimilables a urbanos está constituido en su mayoría por materiales que han formado parte del envase o embalaje de las materias primas, secundarias o 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. En las líneas de envasado de cerveza también se producen pérdidas ocasionales de envases que pasan a formar parte de este grupo de residuos sólidos.

En general son muy pocos los residuos especiales o peligrosos que se generan en las cerveceras como se deduce de los ratios presentados. Aún así, este tipo de residuos debe ser perfectamente segregado del resto y gestionado conforme marca la reglamentación.

Las tierras de diatomeas agotadas utilizadas en la fase de filtración de la cerveza supone uno de los mayores problemas de gestión de residuos en la industria cervecera, tanto por la cantidad generada como por la dificultad de encontrar oportunidades de valorización como subproducto. Estas dificultades tienen su base en las características particulares del residuo; matriz inerte calcárea con un alto contenido en sólidos orgánicos y grado de humedad elevada.

En los últimos años los profesionales del sector cervecero y de los sectores y servicios afines vienen realizando un gran esfuerzo por encontrar alternativas al uso de las tierras filtrantes. Se han encontrado y probado soluciones muy prometedoras, pero ciertos condicionantes técnicos y económicos no hacen posible actualmente la implantación generalizada de los nuevos métodos de filtración de cerveza. Un ejemplo a este respecto es la filtración de flujo tangencial combinada con una centrifugación previa.

Los lodos de depuradora también tienen una gestión relativamente complicada en ciertos casos. La opción de aprovechamiento más sencilla en el exterior de las cerveceras es el 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.

3.3.3. Emisiones atmosféricas

Los tres grupos principales de contaminantes atmosféricos que pueden ser emitidos en las instalaciones cerveceras son:

- gases de combustión,
- partículas, en forma de polvo de malta,
- CO₂ de fermentación.

El foco de emisión a la atmósfera de gases de combustión más importante en los centros de producción de cerveza es la sala de calderas. En ellas se queman los combustibles que sirven como fuente de energía primaria para la generación de vapor de agua, agua caliente y/o agua sobrecalentada, actuando como fluidos vectores de calor que se distribuyen entre los diferentes consumidores de energía térmica.

En las calderas se queman especialmente dos tipos de combustibles, gas natural y/o fueloil en cualquiera de sus variantes. Los parámetros contaminantes característicos de las emisiones atmosféricas dependen en gran medida de la composición del combustible, por ejemplo 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 NO_x suele ser función de ambos factores, es decir la composición del combustible y las condiciones operativas de la combustión.

En las plantas cerveceras existe desde hace tiempo una clara tendencia hacia el uso de gas natural como principal combustible y en algunas instalaciones es actualmente el único tipo de combustible empleado. Las ventajas ambientales del gas natural frente a otros combustibles son

bien 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. Hay que destacar que en algunos casos las fábricas no tienen capacidad de elección, ya que las redes de distribución de gas quedan lejos de la ubicación de la planta.

La proporción de consumo de gas natural para todo el sector suele estar en torno al 78%, correspondiendo el 22% a fueloil. Otras fuentes primarias de energía, como las renovables, especialmente representadas por el biogas se utilizan todavía en cantidades testimoniales.

Los rangos numéricos de los parámetros gaseosos emitidos a la atmósfera desde las chimeneas de la sala de calderas son los que se muestran seguidamente, expresados en kg/hl de cerveza envasada.

Tabla 7 Emisiones atmosféricas procedentes de los gases de combustión (kg/hl)

CO₂ de combustión	NO_x	SO_x	CO
4,1-27,21	0,003-0,075	0,0-0,094	0,0-0,0043

La emisión de gases a la atmósfera en las cerveceras y por extensión, en las industrias del sector agroalimentario, no suele ser muy importante en condiciones normales de operación en comparación con otros sectores industriales, ya que los procesos de combustión no son tan intensos y las necesidades de combustibles son considerablemente menores por unidad de producto acabado.

El rango de emisiones de CO₂ es muy amplio. Esta variabilidad está ligada directamente al consumo de energía térmica, el cual también presenta una gran diferencia entre los límites del rango (20,0-52,3 kWh/hl). Es decir, la emisión de CO₂ depende del consumo específico de combustible y del tipo de combustible y más concretamente de la relación entre el contenido en carbono y el poder calorífico del combustible.

Como se ha indicado, la emisión de NO_x (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 entre límites. Dentro de las condiciones de combustión que pueden tener influencia sobre las emisiones de NO_x, se puede citar la temperatura de combustión, el exceso de aire, la forma de la llama, la geometría de la cámara de combustión o el diseño del quemador.

Las instalaciones que utilizan únicamente gas natural como combustible no tienen emisiones de azufre o estas son insignificantes. Los que emplean fueloil, emiten el azufre volátil contenido en el combustible, aunque actualmente todas las instalaciones consumen fueloil de bajo índice de azufre, con contenidos inferiores al 1%.

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

La planta de producción de frío es una fuente potencialmente emisora de gases porque normalmente se utiliza amoníaco como fluido frigorígeno e incluso como fluido caloportante en aquellas plantas que tienen sistemas de refrigeración directo. 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.

El principal foco potencial de emisión de partículas a la atmósfera es la recepción y transporte de malta. Como se deduce del rango de consumo de malta y adjuntos (16,6-20,82 kg/hl de cerveza envasada), la cantidad total de grano de cereal que se recibe en una fábrica de cerveza anualmente es muy alta.

Desde que el grano sale de las malterías hasta que llega a los muelles de recepción de las cerveceras y se transfiere a los silos de almacenamiento de malta, ésta es manipulada y transportada repetidas veces y en diferentes medios, lo cual produce la fricción de unos granos con otros y con las superficies con las que está en contacto. Este hecho provoca la generación de polvo de malta, susceptible de emitirse a la atmósfera durante la operación de recepción y almacenamiento. Este aspecto ambiental se puede considerar actualmente como potencial porque los sistemas y métodos de descarga y transporte de materia prima minimizan en gran medida la emisión atmosférica de polvo.

También pueden producirse emisiones de polvo de malta en el recorrido de la malta desde los silos de almacenamiento hasta los molinos si los conductos de transporte neumático o las cintas transportadoras no están dotadas de cierres estancos al polvo.

Por último, hay que mencionar el caso especial de la emisión de CO₂ de fermentación. En la etapa de fermentación se desprenden cantidades de CO₂ que pueden llegar a ser del orden de 4 kg de CO₂/hl. La emisión de este gas en esta parte del proceso procede de la transformación por parte de las levaduras, de los azúcares que fueron extraídos de la malta y adjuntos en la etapa de maceración. Por tanto, el dióxido de carbono emitido de esta forma regresa a la atmósfera, donde fue fijado por las plantas para desarrollar a través de la fotosíntesis, entre otros, los compuestos orgánicos de los que ahora se sirve la industria cervecera para elaborar sus productos. En definitiva, el aporte global de CO₂ a la atmósfera a partir de la fermentación es nulo, por formar parte del ciclo biológico natural de las plantas.

No obstante, la recuperación del CO₂ de fermentación del mosto se ha mostrado en los últimos años como una opción rentable en las plantas cerveceras. Por una parte se aprovecha una sustancia indispensable para la cerveza y por la que en realidad ya se ha pagado al comprar la malta y adjuntos, es decir se evita pagar dos veces por la misma materia prima, e indirectamente se mejora la situación ambiental en cuanto a emisión de gases, aunque como se ha comentado en el párrafo anterior, la emisión del CO₂ de fermentación no supone en modo alguno una situación de empeoramiento del medio atmosférico. Si bien, acondicionar *in situ* este CO₂ de fermentación implica un determinado consumo de recursos como energía y agua, el nivel de contaminación y consumo es presumiblemente mayor cuando se compra el dióxido de carbono a otras empresas, ya que se produce a partir de combustibles fósiles y también tiene que acondicionarse para uso alimentario. Además existe la desventaja añadida de tener que transportarlo grandes distancias hasta las plantas de elaboración de cerveza.

3.3.4. Olores

El olor característico de las cerveceras se asocia normalmente a la emisión de vahos de cocción. Los vahos de cocción son generalmente la fuente de olor más importante del proceso de

elaboración de cerveza. El vapor de agua de estos vahos arrastra una serie de sustancias volátiles que pueden provocar problemas de olores en el ambiente. Sin embargo, en la actualidad este problema está bastante controlado por los modernos sistemas de recuperación de vahos de cocción, de los que se aprovecha su contenido energético a la vez que su condensación evita que los compuestos causantes del olor sean emitidos a la atmósfera.

En las plantas cerveceras se pueden encontrar otros focos de olor, normalmente puntuales y menos perceptibles que el producido por los vahos de cocción. Estos focos esporádicos de olor pueden ser la planta de depuración de aguas residuales, el almacenamiento inadecuado de subproductos, almacenamiento de combustibles, ventilación de bodegas y las propias chimeneas de evacuación de humos de combustión.

No obstante, la valoración del impacto ambiental generado por el olor depende fundamentalmente de la proximidad de la instalación a núcleos urbanos o zonas residenciales. En este sentido, una cervecera ubicada lejos de zonas habitadas no presentará ningún problema de olores, mientras que en otra situada dentro de una población este aspecto ambiental puede ser significativo.

3.3.5. Ruido

La emisión de ruido puede dividirse en el procedente de los vehículos y el procedente de focos estáticos.

El ruido de vehículos proviene principalmente de los camiones de distribución y de las carretillas. El ruido de las focos estáticos que puede afectar a los alrededores provienen de los condensadores y de las torres de refrigeración.

Las principales fuentes de ruido son por tanto:

- circulación de vehículos dentro de las instalaciones tanto de camiones como de carretillas,
- condensadores y torres de refrigeración,
- transporte interior de materia prima,
- ventiladores.

Las principales causas de molestias producidas por ruidos son:

- ubicación de instalaciones productivas respecto a zonas residenciales próximas,
- escaso mantenimiento de equipos exteriores,
- actividades nocturnas.

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

Hay que destacar que la emisión de ruido también es un problema de seguridad e higiene laboral en las zonas de servicios auxiliares (compresores) y de envasado (botellas de vidrio). El nivel de ruido puede exceder en momentos puntuales los 85 dBA, especialmente cuando se utilizan equipos obsoletos.

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

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

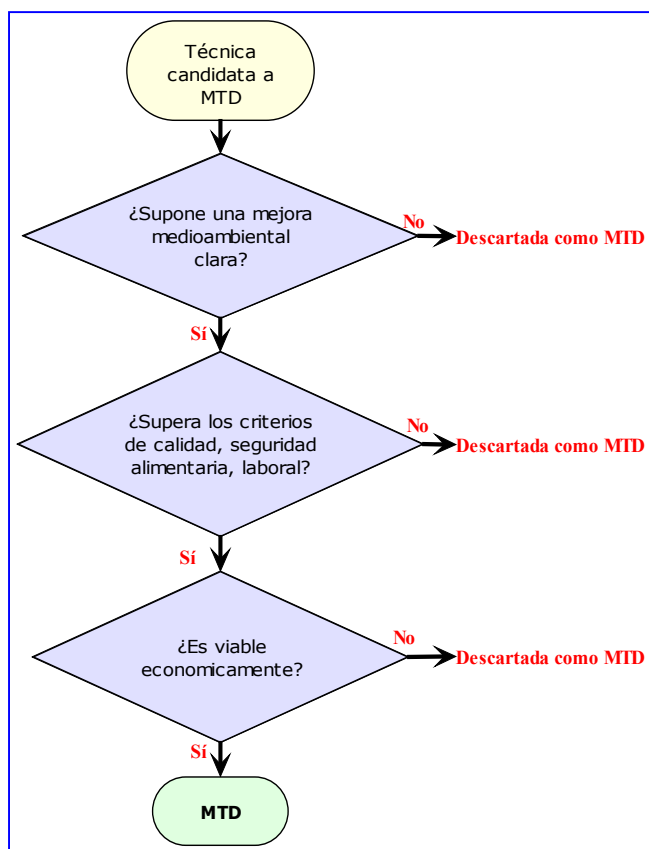


Diagrama de selección de MTDs

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 MTDs 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 MTDs. Este sería una de las ideas 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 CERVECERA

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

4.2.1. Seguridad alimentaria

Al igual que ocurre en todas las instalaciones agroalimentarias, existe una condición exigible a cualquier técnica utilizable en la industria cervecera y es que permita garantizar la seguridad alimentaria del producto en el punto del proceso en el que se aplica.

Por tanto, la garantía de que la implantación de una determinada técnica no afectará a la consecución final de la necesaria seguridad alimentaria de la cerveza será condición “*sine quanon*” para poder determinar que una técnica es MTD en una determinada instalación.

4.2.2. Especificaciones de producto

La cerveza es un producto agroalimentario cuyos ingredientes son más o menos comunes a todas las marcas del mercado. Sin embargo, existen diferentes tipologías de cerveza y diferencias entre unas marcas y otras. Esto es debido a que cada tipo de cerveza y marca tiene unas especificaciones de producto que en muchos casos son muy estrictas relacionados con la materia prima (malta, agua, adjuntos), las materias auxiliares (lúpulo, levaduras), las operaciones de proceso (maceración, cocción, fermentación, filtración, envasado,...), etc.

Algunas MTDs relacionadas, como por ejemplo la recirculación de flujos de agua o producto intermedio o cambios en la forma de macerar, cocer, fermentar o filtrar el mosto/cerveza, pueden afectar dichas especificaciones de producto y por tanto deben de ser evaluadas en cada caso concreto.

4.2.3. Viabilidad económica

La viabilidad económica de algunas de las MTDs identificadas para el sector cervecero 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 MTDs: 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 MTDs

Se ha identificado 32 MTDs de carácter específico para el sector cervecero que se describen en fichas para facilitar su consulta y aplicabilidad. Además de estas MTDs específicas, se han seleccionado del BREF europeo una serie de MTDs denominadas “genéricas” que también son aplicables al sector.

Las MTDs se presentan agrupadas de dos modos diferentes. En primer lugar en función del principal aspecto ambiental que mejoran dentro de los siguientes grupos:

- Generación de agua residual y consumo de agua
- Consumo de energía
- Emisiones atmosféricas
- Residuos
- No específico
- Consumo de materiales.

En segundo lugar se agrupan las MTDs en función de la operación unitaria sobre la que incide.

Tabla 8.- Listado de MTDs en función del principal aspecto ambiental que permiten mejorar

Generación de agua residual y consumo de agua	
Nº MTD	Técnica
19	Recuperación de turbios calientes
20	Recogida de levadura
21	Recuperación de cabezas y colas de filtración
22	Recuperación de la cerveza de los circuitos mediante arrastre antes del comienzo de la limpieza CIP
23	Red separativa y segregación del vertido de aguas pluviales
24	Disponer de un sistema apropiado de tratamiento de aguas residuales
1	Recogida del agua del último enjuagado en limpieza CIP
2	Optimización del control operativo del sistema CIP
3	Recirculación del agua en bombas de vacío
4	Optimización del consumo de agua en las lavadoras de botellas
5	Optimización del consumo de agua en los túneles de pasteurización
6	Implantar un plan de minimización del consumo de agua
Consumo de energía	
9	Reutilización del agua de enfriamiento del mosto
10	Control y optimización de la tasa de evaporación
11	Recuperación de los vahos de cocción
12	Optimización de la eficiencia en motores y bombas
13	Optimización de la presión en la planta de aire comprimido
14	Optimización energética de los túneles de pasteurización
15	Optimización de las temperaturas de evaporación y condensación en la planta de frío
16	Aprovechamiento del biogas generado en las instalaciones de depuración anaerobia de aguas residuales
17	Aislamiento térmico de superficies calientes y frías
18	Control del consumo de energía
Emisiones atmosféricas	
25	Descarga controlada de malta e instalación de sistemas de aspiración y retención de partículas
26	Recuperación del carbónico de la fermentación
27	Utilizar combustibles de bajo contenido en azufre
Residuos	
28	Implantación de un plan de minimización de residuos
29	Recoger las tierras filtrantes agotadas para su gestión por separado
No específico	
30	Implementación de un sistema de gestión ambiental
31	Establecer y controlar indicadores de ecoeficiencia
32	Implantar un plan de emergencias ambientales
Consumo de materiales	
7	Control de turbidez a la salida de los fermentadores
8	Optimización del rendimiento en la elaboración de mosto

Tabla 9 .- Listado de MTDs en función de la operación sobre la que inciden

Operación	Nº	Técnica
Recepción y almacenamiento de materiales	25	Descarga controlada de malta e instalación de sistemas de aspiración y retención de partículas
Cocción	10	Control y optimización de la tasa de evaporación
	11	Recuperación de los vahos de cocción
Clarificación del mosto	19	Recuperación de turbios calientes
Fermentación	7	Control de turbidez a la salida de los fermentadores
	20	Recogida de levadura
	26	Recuperación del dióxido de carbono de fermentación
Clarificación	21	Recuperación de cabezas y colas de filtración
	29	Recoger las tierras filtrantes agotadas para su gestión por separado
Estabilización microbiológica	5	Optimización del consumo de agua en los túneles de pasteurización
	14	Optimización energética de los túneles de pasteurización
Envasado	3	Recirculación del agua en bombas de vacío
	4	Optimización del consumo de agua en las lavadoras de botellas
Limpieza de equipos e instalaciones	1	Recogida del agua del último enjuagado en limpieza CIP
	2	Optimización del control operativo del sistema CIP
	22	Recuperación de la cerveza de los circuitos mediante arrastre antes del comienzo de la limpieza CIP
Sala de calderas	27	Utilizar combustibles de bajo contenido de azufre
Planta de frío	15	Optimización de las temperaturas de evaporación y condensación en la planta de frío
Sala de aire comprimido	13	Optimización de la presión en la planta de aire comprimido
Gestión y tratamiento de aguas residuales	23	Red separativa y segregación del vertido de aguas pluviales
	24	Disponer de un sistema apropiado de tratamiento de aguas residuales
Gestión de la energía	9	Reutilización del agua de enfriamiento del mosto
	12	Optimización de la eficiencia en motores y bombas
	16	Aprovechamiento del biogas generado en las instalaciones de depuración anaerobia de aguas residuales
	17	Aislamiento térmico de superficies calientes y frías
	18	Control del consumo de energía
Gestión de residuos	28	Implantación de un plan de minimización de residuos
Gestión de recursos	6	Implantar un plan de minimización del consumo de agua
	8	Optimización del rendimiento en la elaboración de mosto
Gestión ambiental general	30	Implementación de un sistema de gestión ambiental
	31	Establecer y controlar indicadores de ecoeficiencia
	32	Implantar un plan de emergencias ambientales

1 Recogida del agua del último enjuagado en limpieza CIP
Principal operación implicada: Limpieza de equipos e instalaciones
Principal aspecto ambiental que mejora: Consumo de agua

Descripción

La última fase de los ciclos de limpieza CIP (Clean in Place) suele ser un enjuagado con agua para eliminar los últimos restos de los productos de limpieza y desinfección del circuito antes de que se haga circular de nuevo el siguiente lote de producto.

El agua resultante de este último enjuagado puede tener una calidad química y microbiológica suficiente para ser utilizada en el primer enjuague del siguiente ciclo de limpieza. Para ello es necesario disponer de estaciones CIP preparadas para almacenar agua del último enjuague y depósito de amortiguación.

Descripción de la mejora ambiental

Reducción del consumo de agua y reducción del volumen final de vertido: El ahorro en agua que se puede alcanzar será del orden del 15-20%, siendo estas proporciones las que corresponden a la fase de enjuagado final para un ciclo de limpieza CIP con 5 y 7 fases respectivamente.

Condicionantes

Calidad, seguridad alimentaria	Esta técnica es aplicable siempre y cuando la calidad del agua del último enjuagado sea adecuada.
Riesgos laborales	No limitante.
Aspectos técnicos	En los sistemas CIP de algunas instalaciones existentes puede resultar complicado adaptar los actuales sistemas CIP para que puedan realizar esta función. Esta dificultad técnica puede ser un factor limitante. Principales equipos necesarios: Disponer de estaciones CIP preparadas para almacenar agua del último enjuague. Depósito de amortiguación.
Aspectos económicos	En instalaciones existentes puede que no sea viable
Aplicable en	Instalaciones nuevas.

2 Optimización del control operativo del sistema CIP
Principal operación implicada: Limpieza de equipos e instalaciones
Principal aspecto ambiental que mejora: Consumo de agua

Descripción

La limpieza de la mayor parte de las conducciones y equipos utilizados en la industria cervecera se realizan con sistemas CIP (Cleaning in Place) y es en estas limpiezas donde se consume gran parte del agua y productos de limpieza y por tanto, donde se generan volúmenes importantes de agua residual. En las limpiezas también se producen consumos de electricidad (bombeo, control) y energía térmica (calentamiento de soluciones). Por tanto, la optimización de los sistemas CIP redundará en importantes ahorros de materiales y energía, así como en la generación de agua residual.

El diseño de las plantas CIP puede ser muy variable. Desde sistemas sencillos donde se prepara una carga de solución de limpieza y se bombea por el sistema, finalizando con su drenaje, hasta plantas CIP totalmente automatizadas formadas por depósitos para agua y soluciones de limpieza que hacen posible la reutilización de parte del agua y de las soluciones.

En el manejo del sistema CIP se deberían considerar las siguientes medidas encaminadas a su optimización:

- * determinar en cada caso cuáles son las condiciones idóneas de operación de las plantas CIP (tiempos de aplicación, temperaturas, concentraciones de agentes de limpieza y desinfección,...),
- * establecer procedimientos escritos en los que se especifiquen los parámetros, características y frecuencia de limpieza que permitan optimizar el consumo de agua, energía y productos químicos y por tanto reducir el volumen y carga de los efluentes,
- * ubicar los procedimientos de limpieza en lugares accesibles a las personas interesadas,
- * dosificación automática de sustancias químicas y en los casos que no sea posible, formar al personal en el manejo y preparación de las soluciones de limpieza,
- * instalar aparatos de medida de los parámetros más importantes (temperatura, pH, conductividad, turbidez) en el interior de los equipos, lo cual permita ajustar los parámetros de operación a los valores óptimos, evitando así despilfarros.

Descripción de la mejora ambiental

Reducción del consumo de agua, energía y productos de limpieza: Se trata de una MTD bastante genérica en la que se introducen mejoras relacionadas con la optimización de los tiempos, las temperaturas o las concentraciones de las diferentes soluciones de limpieza, así como cambios en el diseño y la automatización de la instalación CIP. Por tanto, la reducción en el consumo de recursos está sujeta a multitud de variables dependientes de la casuística de cada instalación.

Reducción de volumen y carga contaminante del vertido.

! Condicionantes

Calidad, seguridad alimentaria	No existen condiciones limitantes. Por el contrario, mejora el grado de control higiénico de los equipos
Riesgos laborales	No limitante
Aspectos técnicos	El nivel de automatización que se puede alcanzar dependerá de la antigüedad de la instalación Principales equipos necesarios: Automatizar las CIPs e instalar elementos de medida (conductivímetros) en el retorno de la CIP. Instrumentación necesaria para lazos de control automático.
Aspectos económicos	No limitante
Aplicable en	Todas las instalaciones

3 Recirculación del agua en bombas de vacío

Principal operación implicada: Envasado

Principal aspecto ambiental que mejora: Consumo de agua

Descripción

Las bombas de vacío se utilizan fundamentalmente en la llenadora de botellas para evacuar aire de las botellas antes de llenarlas. También para la desaireación del agua de dilución de la cerveza filtrada.

Este tipo de bombas normalmente consumen un caudal continuo de agua para conseguir el vacío, eliminando esta agua junto con el aire. El consumo de estas bombas puede ser elevado.

La instalación de un depósito de almacenamiento permite recircular de nuevo el agua a la bomba o utilizar la misma para otras operaciones, ya que el agua no se ve afectada por el proceso. Con esta técnica, los consumos de agua específicos de las bombas se pueden reducir en un 50%.

Descripción de la mejora ambiental

Reducción del consumo de agua: La cantidad de agua que en la práctica se puede recircular es aproximadamente el 50% del agua consumida en la operación, habiendo descontado del total la proporción de agua que continuamente se evacúa del sistema junto con el aire y las correspondientes purgas y reposiciones que periódicamente se deben realizar.

! Condicionantes

Calidad, seguridad alimentaria	No limitante
Riesgos laborales	No limitante
Aspectos técnicos	La adaptación de la técnica no supone en principio complicaciones técnicas. El principal elemento a incorporar en instalaciones existentes es un depósito de recirculación
Aspectos económicos	No limitante
Aplicable en	Todas las instalaciones

4 Optimización del consumo de agua en las lavadoras de botellas
Principal operación implicada: Envasado
Principal aspecto ambiental que mejora: Consumo de agua

Descripción

La lavadora de botellas es un punto del proceso en el que se producen importantes consumos de agua. En general, no es posible prescribir como se puede reducir el consumo de agua en un lavador existente, ni siquiera si es posible reducirlo ya que las posibilidades de reducción dependen en gran medida del diseño de la lavadora. Las lavadoras antiguas pueden tener unos consumos específicos superiores a 2-4 hl de agua/hl de capacidad de envase, mientras que en las modernas los consumos suelen estar entre 0,5-0,8 hl de agua/hl de capacidad de envase.

En el caso de lavadoras existentes, el objetivo es ajustar el equipo de forma que se alcancen los valores de diseño, teniendo siempre en cuenta los aspectos relativos a seguridad alimentaria. Además de ello, se deberían considerar las siguientes medidas:

- * Instalación de una válvula automática para interrumpir el suministro de agua cuando hay una parada en la línea.
- * Instalación de boquillas difusoras más eficaces, que utilicen menos agua.
- * Control del caudal de agua de enjuagado. A menudo sucede que el caudal realmente utilizado es mayor que el especificado o puede variar debido a fluctuaciones en el sistema de suministro de agua.
- * Uso de agua potable únicamente en las dos últimas líneas de difusores. El agua de estas dos líneas debería ser recogida y reutilizada en las primeras líneas de difusores.
- * Ajustar las concentraciones de sosa a las especificadas por el fabricante.

Descripción de la mejora ambiental

Reducción del consumo de agua y del vertido final de agua residual: En el caso de instalaciones nuevas, las máquinas lavadoras deberían tener un consumo específico de agua entre 0,5-0,8 hl/hl envase.

! Condicionantes

Calidad, seguridad alimentaria	Cualquier modificación en la lavadora debe asegurar que consigue alcanzar un adecuado grado de limpieza e higiene de los envases
Riesgos laborales	No limitante
Aspectos técnicos	En los casos que se intente optimizar el consumo de agua en base a aumentar la temperatura del agua de enjuagado, se debe tener en cuenta que una temperatura de las botellas demasiado elevada puede tener una influencia negativa en la eficiencia de la máquina llenadora. Por tanto, si se opta por esta medida de optimización, se debe buscar el equilibrio apropiado entre reducción del volumen de agua de enjuagado y aumento de temperatura. Las posibilidades de optimización de la lavadora dependen mucho de su diseño.
Aspectos económicos	No limitante
Aplicable en	Todas las instalaciones

5 Optimización del consumo de agua en los túneles de pasteurización

Principal operación implicada: Estabilización microbiológica

Principal aspecto ambiental que mejora: Consumo de agua

Descripción

En el túnel de pasteurización, la cerveza y las botellas se calientan progresivamente hasta la temperatura de pasteurización y a continuación se enfrían lentamente hasta la temperatura de salida, es decir 30-35°C. El fluido calotransportador empleado es agua, tanto en la fase de calentamiento como de enfriamiento, luego su consumo en esta operación puede llegar a ser elevado cuando se lleva a cabo en circuito abierto.

La optimización del consumo de agua en esta etapa consiste en instalar un sistema cerrado de refrigeración, de tal manera que el agua caliente a la salida del pasteurizador se enfríe, haciéndola pasar por una torre de refrigeración o enfriadores conectados directamente al sistema de refrigeración central y posteriormente devolverla al pasteurizador. De este modo, el consumo de agua en el túnel de pasteurización se reduce considerablemente, limitándose al agua de reposición necesaria por evaporación y purgas. Para evitar el desarrollo de algas y de microorganismos, se deben añadir aditivos en el sistema de recirculación.

En cada caso concreto se deberá evaluar la viabilidad de instalar una torre de refrigeración que entre otros factores dependerá de la climatología de la zona.

Descripción de la mejora ambiental

Reducción del consumo de agua y energía: El sistema de recirculación de agua de enfriamiento en el pasteurizador puede hacer que se reduzca el consumo de agua en un 80% para este uso.

Reducción del volumen de aguas residuales generadas.

! Condicionantes

Calidad, seguridad alimentaria	Se debe asegurar la calidad higiénica del agua reutilizada en la pasteurización
Riesgos laborales	Estudiar los riesgos asociados a la contaminación por Legionela en las torres de refrigeración
Aspectos técnicos	La aplicabilidad de esta técnica depende en gran medida de las condiciones climáticas de la zona. La calidad del agua procedente del túnel de pasteurización también puede suponer un factor restrictivo Principales equipos necesarios: En instalaciones nuevas se puede optar por pasteurizadores balanceados (solamente consumen el agua evaporada)
Aspectos económicos	La aplicabilidad del sistema de refrigeración (torre de refrigeración y elementos accesorios) requiere de un estudio económico en cada caso
Aplicable en	Todas las instalaciones

6 Implantar un plan de minimización del consumo de agua

Principal operación implicada: Gestión de recursos

Principal aspecto ambiental que mejora: Consumo de agua

Descripción

El consumo de agua y la consiguiente generación de aguas residuales es uno de los aspectos ambientales mas significativos de una industria cervecera. Para poder minimizar el consumo de agua es necesario registrar y analizar toda aquella información que nos permita identificar las posibles alternativas y estudiarlas a nivel técnico y económico.

La implantación de un plan de minimización del consumo de agua requiere la aplicación de una metodología que incluye normalmente los siguientes pasos:

- * contar con el compromiso de la dirección,
- * analizar el consumo de agua. Realizar inventarios de los balances de agua en todo el proceso, en procesos concretos y en partes seleccionadas. Esto lleva implícito el disponer de contadores de agua al menos en las áreas de mayor consumo,
- * valorar las exigencias en cuanto a calidad del agua para cada aplicación,
- * valorar el consumo mínimo de agua para cada operación,
- * valorar las medidas para reducir el consumo de agua,
- * evaluar y realizar un estudio de viabilidad,
- * implantar medidas para reducir el consumo y la contaminación del agua.

El plan de minimización del consumo de agua debe definir aspectos como los objetivos a alcanzar, los medios y equipos necesarios, plazos de ejecución, etc.

A continuación se citan algunas alternativas de minimización del consumo de agua que se pueden estudiar de forma general en las industrias de elaboración de cerveza, como:

- Ajustar el caudal de agua a las necesidades de consumo de cada operación.
- Establecimiento de las condiciones óptimas de operación, reflejándolas por escrito y difundiendo entre los trabajadores.
- Instalar válvulas 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.
- Utilizar la calidad de agua adecuada en cada operación, permite la reutilización de agua en etapas menos críticas y un ahorro en los tratamientos previos del agua de proceso.
- Realizar inspecciones periódicas de la instalación y/o del consumo para detectar fugas, roturas o pérdidas lo antes posibles.
- Utilización de circuitos cerrados de refrigeración.
- Sistemas automáticos de cierre en los puntos de consumo de agua (mangueras, grifos, servicios, etc.).

Descripción de la mejora ambiental

Reducción del consumo de agua y del volumen de vertido del efluente final: La reducción del consumo total de agua puede ser de hasta un 30%, aunque será variable en cada instalación dependiendo de factores varios (antigüedad de la instalación, climatología, calidad del agua, tipo de productos, tipo envases, etc.).

! Condicionantes

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

7 Control de turbidez a la salida de los fermentadores

Principal operación implicada: Fermentación

Principal aspecto ambiental que mejora: Consumo de materiales

Descripción

Esta técnica se utiliza para minimizar la pérdida de cerveza durante la descarga de la levadura sedimentada en el fondo de los depósitos de fermentación y guarda. Para ello se instalan unas sondas de medida de turbidez que permiten detectar la interfase suspensión de levaduras/cerveza por diferencia del valor de este parámetro en ambas fases.

El sistema puede automatizarse instalando un dispositivo que permita controlar una válvula que desvíe la suspensión de levaduras hacia un tanque de recogida cuando la concentración de dicha suspensión sea superior a un nivel establecido. Cuando la concentración en levadura está por debajo de dicho nivel, la válvula desviará el contenido del fermentador hacia el próximo destino de la cerveza (tanque de guarda, centrífuga, etc.).

El control visual de la interfase también puede resultar muy efectivo si se realiza adecuadamente y por personal cualificado.

Descripción de la mejora ambiental

Reducción de la carga orgánica del efluente: Cada 1% de cerveza que no acaba siendo vertido, supone una reducción de la carga de DQO de 120 g/hl de cerveza..

Aumenta el rendimiento de la materia prima, ya que se reducen las pérdidas de cerveza durante la separación de la levadura.

Condicionantes

Calidad, seguridad alimentaria	No limitante
Riesgos laborales	No limitante
Aspectos técnicos	No limitante Principales equipos necesarios: Instrumentación necesaria para los lazos de control: sondas de conductividad/sólidos en suspensión/turbidez/densidad, etc. , transmisores y actuadores
Aspectos económicos	No limitante
Aplicable en	La automatización sólo es aplicable en instalaciones nuevas

8 Optimización del rendimiento en la elaboración de mosto

Principal operación implicada: Gestión de recursos

Principal aspecto ambiental que mejora: Consumo de materiales

Descripción

En una sala de elaboración de mosto bien diseñada y con un correcto funcionamiento, la diferencia entre el rendimiento real y el estimado en laboratorio debe situarse en el rango del 2-4% cuando la molienda es gruesa. Cuando estas diferencias son mayores se está produciendo una pérdida de extracto, lo que conlleva un mayor consumo relativo de malta, agua y energía y una mayor producción de residuos sólidos (especialmente bagazo).

Con el fin de mejorar el rendimiento en la zona de elaboración de mosto se debe llevar a cabo un análisis para averiguar los motivos de las pérdidas de materia prima. Las medidas correctivas para mejorar el rendimiento pueden ser:

- * utilización de malta de mejor calidad,
- * optimizar la molienda de la malta,
- * optimizar el proceso de maceración,
- * mejorar el diseño u operación de la cuba-filtro/filtro-prensa.

El consumo específico de materia prima (malta y adjuntos) depende del tipo de cerveza que se elabora. Así, para la elaboración de un hectolitro de una cerveza tipo lager normal se suelen utilizar alrededor de 15 kg para obtener un mosto de 11°P.

Descripción de la mejora ambiental

Reducción del consumo de energía, agua y materias primas (malta y adjuntos): Una mejora en la recuperación de extracto del orden del 1% redonda en un ahorro aproximado de 0,2 kg de malta/hl de cerveza.

Reducción en la producción de bagazo: Una mejora en la recuperación de extracto del orden del 1% redonda en una reducción en la producción de bagazo de alrededor de 0,25 kg/hl de cerveza.

! Condicionantes

Calidad, seguridad alimentaria	No limitante
Riesgos laborales	No limitante
Aspectos técnicos	En instalaciones antiguas pueden existir condicionantes de tipo técnico.
Aspectos económicos	No limitante
Aplicable en	Todas las instalaciones

9 Reutilización del agua de enfriamiento del mosto
Principal operación implicada: Gestión de la energía
Principal aspecto ambiental que mejora: Energía térmica

Descripción

El consumo de agua caliente es uno de los aspectos claves en relación con el ahorro de energía térmica en una instalación de elaboración de cerveza.

Para enfriar el mosto que sale de la etapa de cocción desde 100°C hasta la temperatura de fermentación (alrededor de 10°C) se utiliza un intercambiador de calor por el que circula agua, que se calienta hasta alrededor de 80°C.

Esta agua caliente se puede almacenar transitoriamente en tanques aislados térmicamente para utilizarla como agua de maceración o como agua para calentar el mosto durante la maceración. Los tanques de acumulación de agua caliente deberían diseñarse para poder admitir la sobreproducción momentánea de agua caliente en la operación de enfriamiento de mosto.

En algunas instalaciones es posible que se generen excesos de agua de enfriamiento, por lo que se pueden llegar a perder cantidades relevantes de agua y energía por rebose de los tanques existentes. En estos casos, se debe realizar un balance de agua de ámbito general, analizando cuando, donde y cuanta agua se consume y estudiando si se puede emplear esta agua caliente de buena calidad en operaciones tales como limpieza CIP, pasteurización o lavado de botellas.

Descripción de la mejora ambiental

Reducción del consumo de energía térmica: Suponiendo una reutilización total, el ahorro energético es de 6,3-7,8 kWh/hl cerveza envasada.

Reducción del consumo de agua, así como del vertido de aguas residuales: Suponiendo una reutilización total, el ahorro de agua puede ser del orden de 1,09-1,34 hl/hl cerveza envasada

! Condicionantes

Calidad, seguridad alimentaria	Si se reutiliza el agua caliente en maceración o en operaciones de limpieza o pasteurización habrá que asegurarse que ésta cumple con la calidad química e higiénica necesaria.
Riesgos laborales	No limitante.
Aspectos técnicos	El grado de reutilización del agua de enfriamiento dependerá de las exigencias de agua caliente de la instalación. Principales equipos necesarios: Tanques de almacenamiento.
Aspectos económicos	No limitante.
Aplicable en	Todas las instalaciones.

10 Control y optimización de la tasa de evaporación
Principal operación implicada: Cocción
Principal aspecto ambiental que mejora: Energía térmica

Descripción

El consumo de energía en esta etapa va a estar determinado por la densidad del mosto antes y después de la cocción y de la tasa de evaporación necesaria para eliminar compuestos no deseables para el sabor de la cerveza.

Existen tres opciones para reducir el consumo de energía en las calderas de cocción:

- * control de la densidad a la entrada,
- * control de la densidad durante la cocción,
- * incremento de la eficiencia de volatilización de las sustancias no deseadas.

El objetivo del control de la densidad a la entrada es mantener una diferencia lo más corta posible entre la densidad del mosto a la salida del equipo de filtración del mosto y la densidad tras la etapa de cocción. Esta medida puede provocar una disminución en el rendimiento de utilización de la materia prima ya que el rociado del bagazo será menos intenso.

El control de la densidad durante la operación de cocción permite parar en el momento en que se ha alcanzado la densidad especificada. De este modo se evita una evaporación excesiva.

Recientes avances en el diseño de nuevas instalaciones de elaboración de mosto ha resultado en procesos con una tasa de evaporación menor. Los métodos desarrollados aumentan el stripping/evaporación de las sustancias indeseables incrementando la superficie de contacto entre el líquido y el gas.

Descripción de la mejora ambiental

Reducción del consumo energético: Una reducción del 1% en la tasa de evaporación redundará en un ahorro aproximado de 0,611 kWh/hl de mosto.

! Condicionantes

Calidad, seguridad alimentaria	Antes de ejecutar cualquier medida de ahorro energético que afecte a los parámetros de trabajo habituales en la operación de cocción, hay que asegurarse que la calidad del mosto no ha sufrido alteraciones negativas
Riesgos laborales	No limitante
Aspectos técnicos	No viable en instalaciones existentes
Aspectos económicos	La sustitución de la zona de elaboración de mosto o de las calderas de cocción supone una solución muy cara y solo es viable cuando se tiene que reemplazar forzosamente la instalación existente por otros motivos.
Aplicable en	Instalaciones nuevas

11 Recuperación de los vahos de cocción
Principal operación implicada: Cocción
Principal aspecto ambiental que mejora: Energía térmica

Descripción

La cocción del mosto es la operación unitaria que más energía térmica consume en una planta de elaboración de cerveza.

Durante esta operación se evapora aproximadamente un 6-10% del mosto. Con la emisión de los vahos a la atmósfera se produce una pérdida de agua, energía y además se emiten a la atmósfera compuestos volátiles causantes del olor característico de este tipo de instalaciones.

La condensación de los vahos y la recuperación de calor permite recuperar gran parte de la energía gastada en la operación de cocción, al tiempo que permite reterner gran parte de los compuestos volátiles causantes del olor.

Existen otras dos alternativas para la recuperación de vahos de cocción:

- * Utilizar los vahos para calentar el mosto. El vaho calentado por un compresor (inyección de vapor o compresión mecánica) se puede emplear para calentar el mosto en un intercambiador de calor especial. El calor contenido en los condensados del vaho, que tendrán una temperatura aproximada de 100°C, se puede recuperar en el calentamiento de agua. Esto solo se realizará si existe necesidad de agua caliente.
- * Utilizar el calor de los vahos en la generación de agua caliente a 98°C para precalentar el mosto antes de la cocción. Por este método, el mosto puede calentarse desde 72°C hasta 90°C aproximadamente . gracias al calor recuperado de los vahos. El sistema requiera la instalación de un acumulador de energía.
- * Utilización del agua caliente recuperada para la limpieza de superficies.

Si en la instalación también existe recuperación de agua de refrigeración de mosto, habrá un exceso de agua caliente que posiblemente tenga que desecharse y depurarse en su caso.

Descripción de la mejora ambiental

Mejora la eficiencia energética de la operación.

Reducción en el consumo de agua.

Reducción de los olores generados durante la cocción.

El agua recuperada contiene sustancias orgánicas volátiles por lo que puede presentar una DQO apreciable.

! Condicionantes

Calidad, seguridad alimentaria	No limitante
Riesgos laborales	No limitante
Aspectos técnicos	No limitante Principales equipos necesarios: intercambiadores y depósito de acumulación
Aspectos económicos	Los sistemas de recuperación energética de los vahos de cocción son caros y deben contrastarse con otras medidas de reducción del consumo de energía. En una instalación nueva, estos sistemas deberían ser siempre valorados.
Aplicable en	Hay que realizar un estudio de las necesidades reales de calor en el proceso considerando otras posibilidades de recuperación de calor como la reutilización del agua de enfriamiento del mosto.

12 Optimización de la eficiencia en motores y bombas

Principal operación implicada: Gestión de la energía

Principal aspecto ambiental que mejora: Energía eléctrica

Descripción

Una parte importante de la electricidad consumida en la instalación se debe al consumo de bombas y motores. 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 de óptimo de eficiencia en una instalación debido a la inmediatez con la que se realizan muchas de las reparaciones y recambios de motores y bombas. Principales equipos necesarios: varidores de frecuencia
Aspectos económicos	En instalaciones existentes se debe introducir la media poco a poco
Aplicable en	Todas las instalaciones

13 Optimización de la presión en la planta de aire comprimido
Principal operación implicada: Sala de aire comprimido
Principal aspecto ambiental que mejora: Energía eléctrica

Descripción

El sistema de aire comprimido consume bastante energía eléctrica en las industrias cerveceras y a menudo no se le concede la suficiente atención. Existen varias actuaciones que permiten llevar a cabo una gestión más eficiente del aire comprimido y reducir el consumo eléctrico producido en este servicio auxiliar.

La presión en el sistema de aire comprimido debería ser lo más baja posible. Si ésta se disminuye desde 8 hasta 7 bar, el consumo de electricidad de los compresores decrecerá en un 7% aproximadamente.

Si una instalación cervecera ha sufrido ampliaciones, es posible que la presión del sistema no pueda reducirse por debajo de un cierto valor por limitaciones del propio sistema de conducción neumática.

Es importante realizar revisiones periódicas del sistema de generación de aire comprimido.

La sectorización de circuitos con válvulas de corte permite aislar los circuitos que no estén en funcionamiento y evitar así pérdidas.

Descripción de la mejora ambiental

Reducción del consumo de energía eléctrica: La reducción de la presión de 8 a 7 bar equivale a un ahorro eléctrico aproximado del 7%.

! Condicionantes

Calidad, seguridad alimentaria	No limitante
Riesgos laborales	No limitante
Aspectos técnicos	No siempre es aplicable en instalaciones exixtentes que hayan sido ampliadas
Aspectos económicos	No limitante
Aplicable en	Todas las instalaciones. Habrá que atender a las necesidades de presión del propio sistema de conducción neumática.

14 Optimización energética de los túneles de pasteurización
Principal operación implicada: Envasado
Principal aspecto ambiental que mejora: Energía térmica

Descripción

En el túnel de pasteurización, la cerveza y las botellas se calientan progresivamente hasta la temperatura de pasteurización y a continuación se enfrían lentamente hasta la temperatura de salida, es decir 30-35°C.

Como fluido calotransportador se emplea agua, que se aplica mediante multitud de difusores sobre el producto envasado según se desplaza por el interior del túnel. En cada sección del túnel se aplica agua a diferente temperatura. Como ejemplo se puede citar un túnel de pasteurización que conste de cuatro secciones; precalentamiento, calentamiento, mantenimiento y enfriamiento.

Consecuentemente, los envases van alcanzando distintos estados de temperatura al igual que lo hace el agua que se ha utilizado en esta operación de intercambio de calor. Este intercambio calórico escalonado y progresivo favorece las posibilidades de reutilización continua de agua en la misma operación, evitando de este modo la necesidad de calentar una proporción del agua empleada en esta etapa.

El establecimiento de sistemas de optimización energética mediante recirculación del agua desde la sección de enfriamiento a los de calentamiento y viceversa conduce a ahorros energéticos.

Descripción de la mejora ambiental

Reducción del consumo de energía térmica: El nivel de ahorro energético que se puede alcanzar con esta medida depende de diversos factores como la antigüedad del equipo, su diseño, características constructivas y posibilidades técnicas de recirculación entre las distintas secciones del pasteurizador.

! Condicionantes

Calidad, seguridad alimentaria	Se debe asegurar la calidad higiénica del agua reutilizada en la pasteurización
Riesgos laborales	No limitante
Aspectos técnicos	No limitante
Aspectos económicos	No limitante
Aplicable en	Todas las instalaciones

15	Optimización de las temperaturas de evaporación y condensación en la planta de frío
Principal operación implicada: Planta de frío	
Principal aspecto ambiental que mejora: Energía eléctrica	

Descripción

El ajuste de la temperatura de evaporación de la planta de frío permite optimizar el consumo de electricidad (un aumento de 1°C en la temperatura de evaporación puede hacer reducir el consumo de electricidad en la planta de frío entre 3-4%).

Sin embargo, no es posible definir una temperatura de evaporación fija para todas las instalaciones ya que esta dependerá entre otras cosas del régimen de temperaturas de la zona en la que se sitúa la instalación y del diseño de la instalación. Así, las instalaciones situadas en regiones más cálidas necesitarán en principio una menor temperatura de evaporación para conseguir la necesaria capacidad de refrigeración.

Otros aspectos como el diseño de la instalación pueden condicionar también esta temperatura.

Aunque más difícilmente manipulable, la temperatura de condensación del sistema debe ser lo más baja posible (una disminución de 1°C en la temperatura de condensación se puede traducir en un ahorro de electricidad del 2% aproximadamente). Al igual que en el caso anterior, la temperatura de condensación depende en gran medida de las condiciones climáticas locales.

Descripción de la mejora ambiental

Reducción del consumo eléctrico: A modo orientativo, pueden citarse los valores de reducción del consumo eléctrico mencionados en la descripción de la técnica, es decir, un aumento de 1°C en la Tª de evaporación del circuito de frío equivale a un 3-4% de reducción de electricidad, y una disminución de 1°C en la Tª de condensación equivale a un 2% de reducción de electricidad. Aunque estos datos pueden estar sujetos a variaciones significativas por los diversos factores que afectan a esta variable, entre ellas la climatología.

! Condicionantes

Calidad, seguridad alimentaria	No limitante
Riesgos laborales	No limitante
Aspectos técnicos	Requiere un estudio técnico en el que se determinen las temperaturas de evaporación y condensación para cada instalación en concreto
Aspectos económicos	No limitante
Aplicable en	En todas las instalaciones

16	Aprovechamiento del biogas generado en las instalaciones de depuración anaerobia de aguas residuales
Principal operación implicada: Gestión de la energía	
Principal aspecto ambiental que mejora: Energía térmica	

Descripción

El biogas generado en el proceso anaerobio de depuración de aguas tiene una riqueza en metano que generalmente oscila entre el 60-80%.

La utilización de este biogas 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 biogas como combustible, es necesario eliminar previamente algunos gases (como el ácido sulfhídrico) que pueden causar problemas de corrosión en los equipos y cuya eliminación puede condicionar la viabilidad del sistema. El poder calorífico inferior del biogas oscila entre 6-8 kWh/Nm³, dependiendo de su riqueza en metano.

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 biogas que no pueda ser valorizado.

Descripción de la mejora ambiental

Reducción del consumo de energía externa: Según los datos indicados en la descripción de esta MTD, el aprovechamiento de un Nm³ del biogas procedente del reactor biológico anaerobio supone un ahorro comprendido entre 6 y 8 kWh, que de otro modo debería obtenerse de combustibles adquiridos a empresas suministradoras externas, principalmente gas natural y fueloil.

Reducción de las emisiones de metano: La combustión del biogas evita la emisión a la atmósfera de un gas con gran efecto invernadero como el metano.

! Condicionantes

Calidad, seguridad alimentaria	No limitante
Riesgos laborales	No limitante
Aspectos técnicos	Con el fin de prevenir posibles problemas técnicos tras la implantación de esta medida, se deben determinar los niveles de sulfhídrico y en su caso considerar la mejor técnica para su eliminación
Aspectos económicos	Realizar un estudio de viabilidad económico previo
Aplicable en	Instalaciones que dispongan de sistemas de digestión anaerobia de aguas residuales o residuos. Condicionado por los resultados del estudio de viabilidad técnico-económico.

17 Aislamiento térmico de superficies calientes y frías
Principal operación implicada: Gestión de la energía
Principal aspecto ambiental que mejora: Energía térmica y eléctrica

Descripción

En la industria cervecera se consume gran cantidad de energía en el calentamiento y refrigeración de los productos intermedios y los productos finales. Consecuentemente habrá superficies que presenten un gradiente de temperatura importante con respecto a la temperatura ambiente de la instalación. Estas superficies, si no están aisladas, suponen un foco de pérdidas de energía que puede llegar a ser muy significativo.

Cualquier superficie, equipo, tubería, depósito etc. que se mantenga a baja o alta temperatura, conviene que esté aislado térmicamente del exterior para evitar estas pérdidas de energía.

El aislamiento térmico de las superficies calientes y frías es un método efectivo para reducir el consumo de energía térmica y eléctrica.

Los siguientes elementos deben estar normalmente aislados:

- * calderas de cocción o partes de ellas,
- * calderas de generación de vapor/agua sobrecalentada o partes de ellas,
- * túnel de pasteurización,
- * lavador de botellas,
- * sistemas de refrigeración o partes de ellos,
- * las conexiones de los conductos a los equipos.

Como ventaja adicional de esta técnica puede señalarse que se reduce el riesgo de quemaduras de los operarios al reducirse el número de superficies calientes y frías al descubierto.

Los materiales necesarios para la implantación de la MTD se reduce a materiales aislantes (fibras minerales, poliestireno, etc.).

Descripción de la mejora ambiental

Reducción del consumo de energía térmica y eléctrica: Los elementos que se pueden calorifugar en una instalación de gran tamaño son tan variados y la distribución de los mismos tan diferente que el valor resultante va a depender del grado de aislamiento aplicado, de la situación inicial de la instalación, del material aislante empleado, etc.

! Condicionantes

Calidad, seguridad alimentaria	No limitante
Riesgos laborales	No limitante
Aspectos técnicos	Puede existir alguna restricción técnica en el aislamiento de algunos elementos
Aspectos económicos	Las inversiones a realizar en aislamiento térmico pueden ser muy cuantiosas si existen multitud de conductos y equipos, pero se pueden llegar a amortizar rápidamente con los ahorros derivados del menor consumo energético
Aplicable en	Todas las instalaciones

18 Control del consumo de energía
Principal operación implicada: Gestión de la energía
Principal aspecto ambiental que mejora: Energía térmica

Descripción

Para poder tener un control del consumo de energía en la instalación es necesario disponer de contadores y otros equipos de control en las principales áreas de consumo y realizar un seguimiento periódico de los mismos.

El manejo y estudio de la información recogida permitirá conocer las áreas de mayor consumo de la instalación, establecer valores de referencia y controlar dichos valores en el tiempo para detectar ineficiencias o despilfarros. Relacionando los consumos con algunos parámetros de proceso (producción, horas de funcionamiento, tipo de producto, nº limpiezas, etc.) se pueden extraer conclusiones interesantes a la hora de establecer objetivos de minimización.

Por otra parte, esta técnica de ámbito genérico y por tanto aplicable a cualquier ámbito de la industria, abarcaría en su sentido más amplio a cualquier otra MTD incluida en este capítulo con repercusiones sobre la mejora ambiental derivada del consumo energético en operaciones concretas, más todas aquellas buenas prácticas de aplicación general que guarden relación con el consumo de energía, y que en sí, constituyen un conjunto de técnicas que en mayor o menor medida mejoran la gestión de este recurso.

A modo de ejemplo, se citan a continuación una serie de buenas prácticas aplicables al sector. Sin embargo las medidas y prácticas concretas que realice una empresa para gestionar adecuadamente su consumo energético pueden ser muchas y de distinta índole, dependiendo del estado de su situación de partida y de los objetivos que se plantee para lograr optimizar el consumo de este recurso.

- Instalar sistemas de control automáticos para el apagado de luces y equipos cuando no se están utilizando. Particularmente en áreas que no están ocupadas normalmente o en sistemas de transporte electromecánico cuando no hay material sobre las cintas. En estos casos la iluminación de locales y la marcha de los equipos puede estar controlada por detectores de presencia.
- Establecimiento de las condiciones óptimas de operación, reflejándolas por escrito y difundiéndolas entre los trabajadores.
- Evitar las fugas de vapor.
- Realizar un mantenimiento adecuado de los elementos de aislamiento y sellado térmico, así como de los conductos de fluidos refrigerantes. En cuanto se detecten defectos o fugas en estos elementos, se debe proceder a su reparación inmediata.
- Instalar un sistema de control de temperaturas en los depósitos refrigerados y dispositivo de alarma.

Descripción de la mejora ambiental

Reducción del consumo de energía: Esta MTD es un conjunto de acciones de gestión y control que en cada caso se adoptarán conforme a las características y necesidades de cada instalación. Además es una MTD de aplicación general en todo el ámbito de la instalación, por lo que es difícil valorarla en términos cuantitativos.

Permite identificar despilfarros o ineficacias que de otra manera sería imposible detectar.

! Condicionantes

Calidad, seguridad alimentaria	No limitante
Riesgos laborales	No limitante
Aspectos técnicos	No limitante Principales equipos necesarios: Contadores
Aspectos económicos	No limitante
Aplicable en	Todas las instalaciones

19 Recuperación de turbios calientes
Principal operación implicada: Clarificación del mosto
Principal aspecto ambiental que mejora: Agua residual

Descripción

El turbio es una masa pastosa formada por mosto, restos de lúpulo y proteínas desnaturalizadas coaguladas durante la cocción del mosto. Los turbios se separan del mosto antes de proceder al enfriamiento del mismo. La separación se suele realizar en tanque remolino, más conocido como whirlpool.

El turbio contiene mosto, por lo que la pérdida de extracto relacionada con los turbios dependerá del rendimiento de separación de mosto y turbios.

El turbio se debe reintroducir en el proceso en la caldera de maceración o a la cuba-filtro, de forma que los sólidos queden retenidos junto con el bagazo y se pueda recuperar el mosto que contiene. En todo caso, se debe evitar el vertido de turbios a la red de drenaje.

A partir de ese momento el turbio pasa a formar parte del bagazo y por lo tanto, se puede utilizar como alimento para el ganado. Si los turbios se añaden antes o durante la operación de filtrado, el extracto de los turbios se puede recuperar, sin embargo esta medida puede tener un efecto negativo en la calidad de la cerveza.

Los turbios también se pueden separar con centrifugas de separación de líquidos con alto contenido en sólidos (decanter). En este caso, los turbios van directamente al bagazo sin necesidad de reintroducirlos en el proceso.

Descripción de la mejora ambiental

Reducción la carga contaminante del vertido final: El valor de la DQO de los turbios es de alrededor de 150.000 mg O₂/kg de turbios húmedos y la cantidad de turbios que se separa de un whirlpool que funcione correctamente es de 1-3% del volumen de mosto (proporción mayor en el caso de whirlpools que no funcionen correctamente) con un contenido en materia seca entre 15-20%. La reducción de carga contaminante por la reintroducción de los turbios en el proceso es de 150-450 g DQO/hl de mosto.

La reducción de carga contaminante en el vertido de agua residual por la reintroducción de los turbios en el proceso es de 135-675 g DQO/hl de cerveza envasada.

! Condicionantes

Calidad, seguridad alimentaria	Si los turbios se añaden antes o durante la operación de filtrado, el extracto de los turbios se puede recuperar, sin embargo esta medida puede tener un efecto negativo en la calidad de la cerveza.
Riesgos laborales	No limitante
Aspectos técnicos	No se pueden introducir los turbios en el proceso en el caso de que sea la última separación de sólidos antes de parar la instalación (fin de semana,..). Si se separan los sólidos con un decanter, los turbios pueden añadirse directamente al bagazo Principales equipos necesarios:Whirpool, deposito,bombas, lineas y automatismos: Depósito intermedio y decanter (si se utiliza la centrifugación).
Aspectos económicos	Si se utiliza decanter la inversión es alta.
Aplicable en	Todas las instalaciones

20 Recogida de levadura
Principal operación implicada: Fermentación
Principal aspecto ambiental que mejora: Agua residual

Descripción

Durante la fermentación se produce una cantidad de levaduras cuatro veces superior a la cantidad introducida y que son extraídas de los tanques al final de la operación. Es importante retirar el máximo de levadura de los tanques antes de realizar la limpieza de éstos para evitar el aumento de la carga contaminante de las aguas residuales.

A este respecto, los fermentadores cilíndricos son los que permiten recuperar las levaduras de la forma más eficiente, minimizando las pérdidas de cerveza al retirarlas. Además, presentan la ventaja de que son fáciles de limpiar.

Descripción de la mejora ambiental

Reducción de la carga contaminante del vertido final: La cantidad presente de levadura en la cerveza es 2-4 kg/hl de cerveza elaborada (materia seca 10-15%). La suspensión de levaduras contiene levaduras y cerveza, lo que se traduce en una alta carga orgánica (DQO 180.000-220.000 mg/l).

La recogida total de la levadura equivale a una reducción en la carga orgánica del vertido expresada como DQO de 600-733 g DQO/hl cerveza envasada.

! Condicionantes

Calidad, seguridad alimentaria	No limitante
Riesgos laborales	No limitante
Aspectos técnicos	La aplicación práctica de esta técnica está altamente condicionada por la floculencia de la levadura Principales equipos necesarios: Depósito de almacenamiento acondicionado
Aspectos económicos	Inversión baja. Actualmente la recuperación de las levaduras no es rentable " <i>per se</i> " por su bajo valor en el mercado. Podría ser interesante si se procediera a su secado, ya que entonces su mercado sería diferente.
Aplicable en	Todas las instalaciones

21 Recuperación de cabezas y colas de filtración**Principal operación implicada:** Clarificación**Principal aspecto ambiental que mejora:** Agua residual **Descripción**

Las cabezas de filtración son la mezcla de agua restante de la limpieza de los filtros de diatomeas y la cerveza que inicialmente la arrastra al inicio de la filtración.

Las colas de filtración son las mezclas de cerveza y agua que salen del filtro de diatomeas al principio de la filtración.

Las cabezas y colas de filtración pueden recogerse y reutilizarse en el proceso bajo determinadas condiciones. La principal condición es que no se incumplan los requisitos de calidad de producto establecidos. La parte que no se recoge y se vierte a la red de drenaje supone una pérdida de materia prima y un aumento de la carga contaminante de las aguas residuales. No obstante, el equipamiento de proceso y las especificaciones de calidad pueden limitar las posibilidades de reutilización de los restos de cerveza.

La cantidad de pérdidas de cerveza debe ser minimizada mediante cambios en los procesos, especialmente en las operaciones de vaciado de tanques. El operario debe asegurarse que el tanque está completamente vacío antes de proceder a su limpieza. Mediante la aplicación de buenas prácticas de operación y de adecuados sistemas de control se puede conseguir que la cantidad de cerveza que permanezca en los tanques sea mínima.

El valor de la DQO de la cerveza es de 120.000 mg/kg. Este valor depende de la densidad del mosto de origen y del contenido en alcohol de la cerveza. Una reducción del 1% de producto que no acaba siendo vertido, puede traducirse en una reducción de la carga de DQO de 120 g/hl de cerveza.

 Descripción de la mejora ambiental

Reducción de la carga orgánica en el efluente: Cada 1% de producto que no acaba siendo vertido supone una reducción de la carga de DQO de 120 g/hl de cerveza.

Reducción en el consumo de materias primas (cereales y agua) y energía (térmica y eléctrica).

! Condicionantes

Calidad, seguridad alimentaria	Las especificaciones de calidad pueden limitar las posibilidades de reutilización de los restos de cerveza en algunas instalaciones. En el reciclado se pierde la trazabilidad de la cerveza recuperada.
Riesgos laborales	No limitante.
Aspectos técnicos	No limitante. Principales equipos necesarios: depósitos de almacenamiento intermedio, bombes y canalizaciones.
Aspectos económicos	No limitante.
Aplicable en	Todas las instalaciones, salvo que exista algún condicionante derivado de la aplicación de estándares de calidad o del mantenimiento de la trazabilidad dentro del proceso.

22	Recuperación de la cerveza de los circuitos mediante arrastre antes del comienzo de la limpieza CIP
Principal operación implicada: Limpieza de equipos e instalaciones	
Principal aspecto ambiental que mejora: Agua residual	

Descripción

Al finalizar el ciclo de procesado de un lote de producto y comenzar la limpieza CIP, en las conducciones y equipos quedan restos de producto. Esto mismo ocurre cuando se producen cambios de tipo de producto en la línea (en el caso de procesar diferentes tipos de cerveza en la misma línea). Dado que en ocasiones estos circuitos pueden ser muy largos, la cantidad de producto contenido en las mismas puede ser también relativamente elevada.

Esta técnica consiste en la recuperación de la cerveza/mosto de las tuberías como paso previo al inicio de la limpieza CIP propiamente dicha. Es aplicable especialmente en los circuitos involucrados en las operaciones de estabilización microbiológica y envasado, aunque en algunos casos puede ser aplicable en otras fases del proceso en las que existan trasiegos de líquidos (mosto o cerveza).

La técnica permite por un lado recuperar la cerveza y por otro evitar su vertido junto con el agua del primer enjuage, reduciendo así la carga contaminante del efluente.

Los sistemas que se pueden emplear son:

- * drenaje por gravedad,
- * arrastre con CO₂,
- * arrastre con agua estéril o desaireada.

Descripción de la mejora ambiental

Aumento del rendimiento de la materia prima: La cerveza recuperada mediante arrastre puede reintroducirse en el proceso y por tanto se mejora la recuperación de extracto global.

Reducción de la carga contaminante del efluente: La recuperación de este volumen de cerveza evita que vaya a parar a la red de drenaje, incrementado de este modo la carga orgánica del efluente final. Cada 1% de cerveza que no acaba siendo vertido, supone una reducción de la carga de DQO de 120 g/hl de cerveza.

! Condicionantes

Calidad, seguridad alimentaria	Si se realiza adecuadamente, no altera las características del producto ni supone un riesgo para la seguridad alimentaria.
Riesgos laborales	No limitante
Aspectos técnicos	Hay que tener cuidado cuando se realiza el arrastre con dióxido de carbono, ya que puede reaccionar con la sosa utilizada en la limpieza CIP Principales equipos necesarios: Sistemas de control de la interfase agua/cerveza en los casos de arrastre con agua
Aspectos económicos	No limitante
Aplicable en	Todas las instalaciones

23 Red separativa y segregación del vertido de aguas pluviales
Principal operación implicada: Gestión y tratamiento de aguas residuales
Principal aspecto ambiental que mejora: Agua residual

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 periodos 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 diseñe 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, refrigeración, sanitarias, etc.).

En el caso de que no exista posibilidad de verter dichas aguas a una red exterior de pluviales, estas se juntarán con el 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

24 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

A pesar de las precauciones, medidas preventivas e implantación de las mejores técnicas disponibles que se toman en las instalaciones cerveceras para evitar la producción de efluentes, es inevitable por la propia naturaleza de algunos procesos la generación de aguas residuales que deben ser tratadas antes de su vertido final al medio receptor.

Algunos parámetros de vertido (especialmente DQO, DQO₅, SS, pH) suelen presentar valores por encima de los permitidos en la normativa, por lo que es necesario que las instalaciones de elaboración de cerveza dispongan de un sistema de depuración de sus aguas residuales, de forma que se asegure un adecuado nivel de protección del medio ambiente.

El sistema de depuración que deberá disponer la instalación será aquel que se considere suficiente para lograr una depuración adecuada de las aguas en cada caso particular, en función de las características del mismo y las exigencias del punto de vertido.

Obviamente, no existe un sistema de depuración universal aplicable a todas las instalaciones cerveceras. Sin embargo, por las características comunes que presentan estos efluentes, las plantas de depuración de agua deberían disponer de los elementos que permitan realizar las siguientes funciones:

- * Desbaste
- * Homogeneización
- * Neutralización
- * Sistema biológico aerobio y/o anaerobio
- * Línea de tratamiento/condicionamiento 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 (p. ej. es un posible foco de aerosoles)
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	Coste elevado. En este caso no se puede hablar de viabilidad, es una inversión obligatoria para estar dentro de las normativas existentes.
Aplicable en	Todas las instalaciones

25	Descarga controlada de malta e instalación de sistemas de aspiración y retención de partículas
Principal operación implicada: Recepción y almacenamiento de materiales	
Principal aspecto ambiental que mejora: Partículas	

Descripción

La gran mayoría de las fábricas cerveceras no cuenta dentro de sus instalaciones con las malterías, lo cual supone que la malta debe ser transportada hasta la cervecera y descargada en los silos de almacenamiento de malta. Este proceso de recepción y almacenamiento de la malta genera una emisión de polvo y partículas a la atmósfera.

Para evitar que la descarga de malta genere emisión de partículas, ésta debe hacerse de forma controlada con un sistema que cuente con un dispositivo de aspiración del aire interior y posterior retención de las partículas antes de su salida al exterior. 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 de la emisión atmosférica de polvo y partículas: Se puede recuperar casi la totalidad del polvo de malta generado en la zona de descarga.

Condicionantes

Calidad, seguridad alimentaria	No limitante
Riesgos laborales	En todos los casos, deberán considerarse los elementos de seguridad para evitar el riesgo de explosiones.
Aspectos técnicos	No limitante Principales equipos necesarios: Sistema de aspiración del aire durante la descarga. Sistema de eliminación de partículas (ciclones o filtros de manga). Elementos de control y prevención de explosiones
Aspectos económicos	No limitante
Aplicable en	Todas las instalaciones

26 Recuperación del dióxido de carbono de la fermentación**Principal operación implicada:** Fermentación**Principal aspecto ambiental que mejora:** CO₂ **Descripción**

Durante el proceso de fermentación se produce una cantidad de dióxido de carbono apreciable (3.2-3.5 kg CO₂/hl). Una parte de este CO₂, generado en la planta, puede recuperarse para su uso en la misma instalación. Actualmente se puede llegar a recuperar alrededor del 65% del CO₂ de fermentación en unas condiciones técnicas y económicas adecuadas. Este hecho se explica por la propia curva de generación de CO₂, la cual presenta unas fracciones de gas producido al principio y al final de la etapa de fermentación (un 35% del total aprox.), que por su escasa calidad y volumen hacen poco viable su recuperación y acondicionamiento.

Para que el CO₂ recuperado pueda ser utilizado en el proceso, debe ser filtrado, depurado (desodorizado y secado), licuado y almacenado, lo que conlleva un consumo de energía y agua adicionales. Sin embargo, esta opción es más beneficiosa desde el punto de vista ambiental que la compra del CO₂ a empresas exteriores (véase apartado 3.3.3).

A parte de las ventajas ambientales de esta técnica (por ejemplo reducción del CO₂ total emitido por la actividad o reducción del transporte de CO₂ hasta las instalaciones) presenta otras de carácter general para la empresa:

- la utilización de un CO₂ de origen natural y con unas características conocidas
- menor dependencia con respecto a las empresas suministradoras
- generalmente, menor coste

 Descripción de la mejora ambiental

Reducción de las emisiones de CO₂: Se puede aprovechar en el proceso una cantidad de CO₂ del orden de 2-2,2 kg CO₂/hl.

! Condicionantes

Calidad, seguridad alimentaria	El sistema de recuperación debe asegurar la calidad del dióxido de carbono recuperado
Riesgos laborales	Almacenaje y manipulación de gases
Aspectos técnicos	No limitante
Aspectos económicos	La inversión inicial es elevada. La recuperación de CO ₂ tiene una viabilidad económica aceptable. La implantación del sistema puede autoabastecer casi completamente a la instalación.
Aplicable en	Todas las instalaciones

27 Utilizar combustibles de bajo contenido de azufre**Principal operación implicada:** Sala de calderas**Principal aspecto ambiental que mejora:** SO₂ **Descripción**

La concentración de gases de azufre SO_x en los gases de combustión de las calderas dependen fundamentalmente de la calidad del combustible utilizado. La mejor técnica para reducir la concentración de SO_x en los gases de combustión es la utilización de combustibles con bajo contenido de azufre.

El gas natural es un combustible prácticamente libre de azufre. La sustitución de combustibles pesados como el fueloil por otros más ligeros y con menor contenido en azufre, reduce las emisiones a la atmósfera de óxidos de azufre y otros gases contaminantes.

Por tanto, las instalaciones que tienen fácil acceso al suministro de gas natural pueden modificar sus calderas para quemar este combustible modificando el sistema de alimentación de combustible y reemplazando los quemadores. En el caso de que la conexión a las redes de distribución de gas natural no sea posible, se deberán utilizar combustibles con bajo índice de azufre.

 Descripción de la mejora ambiental

Reducción de las emisiones de SO_x: El paso de fueloil (con 1% de azufre) a gas natural puede suponer un ahorro aproximado en la emisión de SO_x de 1.8 kg/MWh.

! Condicionantes

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

28 Implantación de un plan de minimización de residuos
Principal operación implicada: Gestión de residuos
Principal aspecto ambiental que mejora: No específico

Descripción

En una industria cervecera se generan residuos de varios tipos (orgánicos, de envases, asimilables a urbanos, peligrosos) que en su conjunto constituyen un aspecto ambiental importante.

El primer paso para reducir el impacto de la generación de residuos es minimizar su generación dentro de las posibilidades técnicas y económicas en cada caso. Para conseguir dicha minimización es necesario realizar un estudio orientado a identificar las alternativas viables y ponerlas en práctica apoyándose en el diseño e implantación de un plan de minimización de residuos, y la mejor forma de realizarlo es seguir un enfoque sistemático y paso por paso, que incluya:

- * Conseguir el compromiso de la dirección, organizar un equipo de trabajo y planificar las necesidades (dedicación, coste, equipos necesarios, análisis químicos, responsabilidades).
- * Analizar los procesos productivos:
 - recopilar datos sobre el proceso, la instalación, personal, consumos de materias primas, productos, etc.
 - analizar el proceso productivo, incluyendo la identificación, cuantificación y caracterización de los consumos y emisiones en cada operación.
- * Valorar los objetivos, metas y límites del programa.
- * Identificar las alternativas de minimización de residuos. Para cada uno de los residuos generados en la instalación, deberían plantearse alternativas de minimización en orden de prioridad decreciente.
- * Para cada una de las alternativas planteadas se debe realizar una evaluación medioambiental, técnica y económica que permita seleccionar aquellas alternativas que mejor se adapten a las características y posibilidades de la instalación.
- * Por último, se elaborará un plan o programa de minimización en el que se establecerán los objetivos a alcanzar, las alternativas a aplicar, los plazos, el presupuesto disponible, el equipo encargado de su implantación y su responsable, los parámetros indicadores, la revisión del cumplimiento de los objetivos, el periodo de revisión, etc.

Para que esta medida sea acorde con los principios de actuación de las recientes Directivas europeas y Leyes nacionales y autonómicas (la Ley IPPC como ejemplo más claro), a saber PREVENCIÓN, VALORIZACIÓN Y ELIMINACIÓN, en este orden decreciente de importancia, la alternativa por la que opte la empresa debe observar en primer lugar medidas prácticas que promuevan la prevención, o al menos la reducción de la generación de residuos.

Tras la minimización vendría la adecuada gestión de los residuos generados mediante cesión a gestores autorizados para cada tipo de residuo. Para ello es necesario establecer unos criterios de segregación de los diferentes tipos de residuos generados, establecer la frecuencia de retirada y dotarse de contenedores y áreas para su correcta segregación y almacenamiento.

Descripción de la mejora ambiental

Reducción de la generación de residuos: Adicionalmente, mayor control sobre las operaciones donde se generan. Potencialmente, reducción del consumo de materias primas o mayor aprovechamiento de las mismas. En general, se mejora la gestión de los residuos y las condiciones ambientales, sanitarias e higiénicas de la instalación.

Al igual que lo comentado en el caso de la MTD "control del consumo de energía", esta es también una MTD genérica, cuyos resultados van a depender, entre otros muchos factores, del alcance y la ambición de los objetivos marcados. Además, al poder emprenderse multitud de acciones de gestión y control, los resultados son en muchos casos difícilmente cuantificables en términos numéricos.

! Condicionantes

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

29 Recoger las tierras filtrantes agotadas para su gestión por separado
Principal operación implicada: Clarificación
Principal aspecto ambiental que mejora: Residuos

Descripción

Las tierras filtrantes agotadas constituyen un tipo de material residual de cierta dificultad en su manejo y gestión, tanto por su naturaleza y volumen generado como por la falta actual de alternativas reales de valorización.

En la actualidad se esta realizando un gran esfuerzo por encontrar alternativas al uso de las tierras filtrantes, dando como resultado algunas soluciones muy prometedoras pero que no son de aplicación general al día de hoy con las suficientes garantías técnicas, de calidad de producto y de rentabilidad económica.

Por tanto, la solución más factible en este momento se centra en su recogida, segregación y cesión a gestores autorizados o empresas que se puedan servir de ellas en sus actividades (material de construcción, relleno de canteras, etc.) , con el objetivo principal de evitar su vertido junto con las aguas residuales y la mezcla con otros subproductos o residuos generados en la instalación.

Descripción de la mejora ambiental

Reducción de la carga contaminante del efluente: Recoger las tierras de filtración evitando su vertido al colector supone minimizar la carga contaminante del vertido (especialmente sólidos en suspensión y carga orgánica) además de posibilitar su valorización.

Se puede recoger y segregar casi la totalidad de las tierras filtrantes utilizadas.

! Condicionantes

Calidad, seguridad alimentaria	No limitante
Riesgos laborales	El personal que manipule las tierras filtrantes deberá cumplir las instrucciones de seguridad en materia de riesgos laborales
Aspectos técnicos	El grado de humedad de las tierras puede condicionar la facilidad de su gestión a través de gestor autorizado Principales equipos necesarios: depósito de almacenamiento
Aspectos económicos	No limitante
Aplicable en	Todas las instalaciones

30 Implantación de un sistema de gestión ambiental
Principal operación implicada: Gestión ambiental
Principal aspecto ambiental que mejora: No específico

Descripción

Se considera MTD la implantación de un SGMA que incorpore, de un modo apropiado a las circunstancias individuales, los siguientes elementos:

- * Definición por parte de la Dirección de una política ambiental para la instalación (el compromiso de la Dirección es una condición necesaria para una exitosa aplicación de otros requisitos del SGMA).
- * Planificación y establecimiento de los procedimientos necesarios
- * Implementación de los procedimientos, prestando especial atención a:
 - estructura y responsabilidades,
 - formación, sensibilización y competencias,
 - comunicación,
 - control eficiente de procesos,
 - programa de mantenimiento,
 - estado de preparación y respuesta ante emergencias,
 - salvaguarda del cumplimiento de la legislación ambiental.
- * Control del funcionamiento y acciones correctoras, prestando particular atención a:
 - seguimiento y mejora,
 - acciones preventivas y correctivas,
 - mantenimiento de registros,
 - auditorías internas independientes (donde sea posible) para determinar si el SGMA esta conforme o no a las condiciones especificadas y si ha sido o no apropiadamente implantado y mantenido.
- * Revisión por la Dirección

Otros tres elementos que pueden complementar a los anteriores se pueden considerar como medidas de apoyo. Sin embargo, su ausencia no es considerada normalmente como incoherente con su condición de MTD. Estos tres elementos son:

- * Examinar y validar el procedimiento de auditoría y sistema de gestión por una entidad de certificación acreditada o un verificador de SGMA externo.
- * Preparación y publicación (y posible validación externa) de una declaración ambiental periódica que describa todos los aspectos ambientales significativos de la instalación, que permita la comparación anualmente con los objetivos y metas ambientales, así como con los resultados del *benchmarking* del sector si corresponde.
- * Implantación y adhesión a un sistema voluntario internacionalmente aceptado como EMAS y UNE-EN ISO 14001:2004. Este paso voluntario puede proporcionar mayor credibilidad al SGMA. Particular credibilidad proporciona EMAS, que incorpora todos los elementos citados anteriormente. No obstante, los sistemas no normalizados pueden, en principio, ser igualmente efectivos siempre y cuando sean apropiadamente diseñados e implantados.

También es conveniente considerar los siguientes elementos en el SGMA:

- * En la etapa de diseño de una nueva planta, considerar los impactos ambientales ocasionados por el posible desmantelamiento de la instalación.
- * Considerar el desarrollo de tecnologías más limpias
- * Cuando sea posible, realizar acciones de *benchmarking* sectorial de un modo regular, incluyendo eficiencia energética y actividades de conservación de la energía, elección de inputs, emisiones atmosféricas, vertido al agua, consumo de agua y generación de residuos.

Descripción de la mejora ambiental

Mejora general del comportamiento ambiental: Los SGMA aseguran la mejora continua del comportamiento ambiental de la instalación.

El nivel de mejora dependerá del estado inicial de la instalación y del alcance y la ambición de los objetivos marcados. En cualquier caso, a esta MTD no se le puede imputar un valor numérico que exprese, de manera representativa para el sector, el beneficio ambiental logrado por sí misma, ya que no es fácilmente cuantificable en términos de consumo o reducción de energía, materiales, agua, carga de efluente o emisiones atmosféricas.

! Condicionantes

Calidad, seguridad alimentaria	En general contribuyen a mejorar la calidad del producto
Riesgos laborales	En general contribuyen a mejorar la prevención de riesgos
Aspectos técnicos	No limitante
Aspectos económicos	No limitante
Aplicable en	Todas las instalaciones

31 Establecer y controlar indicadores de ecoeficiencia
Principal operación implicada: Gestión ambiental
Principal aspecto ambiental que mejora: No específico

Descripción

Ecoeficiencia es un concepto que está 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 cerveza envasada/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

32 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. Principales equipos necesarios: En una de las empresas, implantado según ISO 14001 y reconocido por la compañía aseguradora.
Aspectos económicos	En la propuesta de Directiva sobre Responsabilidad 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.

4.3.1. MTDs genéricas

MTDs generales para todo el sector alimentario	
Colaboración con proveedores y contratistas	
-	Búsqueda de colaboración con proveedores y clientes, para crear una cadena de responsabilidad ambiental con el objetivo de minimizar la contaminación y proteger el medio ambiente en su conjunto.
Limpieza de equipos e instalaciones	
-	Utilizar rejillas o trampillas sobre las entradas a los desagües y asegurar que son inspeccionadas y limpiadas frecuentemente para prevenir la entrada de materia sólida en la red de drenaje de aguas residuales.
-	Optimizar el uso de la limpieza en seco (incluyendo sistemas de limpieza a vacío) de equipos e instalaciones, incluyendo derrames, previamente a la limpieza con agua, cuando ésta sea necesaria para alcanzar los niveles higiénicos requeridos.
-	Remojar los suelos y los equipos abiertos para ablandar la suciedad endurecida o adherida, antes de la limpieza con agua.
-	Gestionar y minimizar el uso de agua, energía y detergentes.
-	Adaptar sistemas de apertura/cierre rápido en las mangueras de limpieza manual.
-	Seleccionar y utilizar agentes de limpieza y desinfección que causen el mínimo perjuicio al medio ambiente y al mismo tiempo proporcionen un control higiénico efectivo.
-	En los casos en que haya diferencias importantes en los valores de pH de las corrientes residuales de los sistemas CIP y de otras fuentes, realizar una autoneutralización entre corrientes ácidas y básicas en un tanque de neutralización.
-	Minimizar el uso de EDTA, empleándolo únicamente cuando sea estrictamente necesario, con las cantidades y frecuencias necesarias, y reutilizando las soluciones si es posible.
-	Evitar el uso de biocidas oxidantes halogenados, excepto en los casos en que no haya alternativas más eficaces, en la selección de agentes químicos para la desinfección y esterilización de equipos e instalaciones.
MTDs adicionales para algunos procesos y operaciones unitarias	
Centrifugación/separación	
-	Operar las centrifugas de manera que se minimicen las pérdidas de producto.
Congelación y refrigeración	
-	Desescarchar todo el sistema regularmente.
-	Mantener los condensadores limpios.
-	Tratar de que el aire entrante en los condensadores sea lo más frío posible.
-	Optimizar la presión de condensación.
-	Desescarchado automático de los evaporadores.
-	Trabajar sin desescarchado automático durante paradas breves en la producción.
-	Minimizar las pérdidas por transmisión de calor y ventilación en los almacenes refrigerados y salas climatizadas.
-	Prevenir la emisión de sustancias que agoten la capa de ozono, por ejemplo, no utilizando sustancias halogenadas como refrigerantes.
-	Evitar el enfriamiento de las zonas climatizadas y refrigeradas por debajo de las temperaturas necesarias.
Enfriamiento	
-	Optimizar el funcionamiento de los sistemas de refrigeración de agua para evitar pérdidas excesivas en las torres de refrigeración.

- Instalar un intercambiador de calor de placas para preenfriar el agua helada con amoníaco previamente al enfriamiento final con evaporador de serpentín en el tanque acumulador de agua helada.
Envasado
- Optimizar el diseño de los envases, incluido el peso y volumen del material y la proporción reciclable de éste, con el fin de reducir la cantidad a emplear y minimizar las pérdidas de material.
- Recoger el material de envase por separado, según tipología.
- Minimizar el sobrellenado durante el envasado.
Generación y uso de la energía
- Emplear bombas de calor para la recuperación energética de varias fuentes.
- Desconectar los equipos cuando no se requiera su uso.
Sistemas de aire comprimido
- Optimizar la temperatura de entrada del aire.
- Adaptar silenciadores en las entradas y salidas de aire para reducir los niveles sonoros.
Sistemas de vapor
- Maximizar la recirculación de condensados.
- Evitar pérdidas de vapor flash de los condensados recirculados.
- Mejorar la descarga de condensados.
- Reducir las operaciones de purga.
Minimización de emisiones atmosféricas
- Aplicar y mantener una estrategia de control de emisiones atmosféricas, que incorpore: definición del problema, inventario de emisiones de la instalación incluyendo periodos de operación anormal, medición en los focos principales de emisión, evaluación y selección de las técnicas de control de emisiones.
- Optimizar los procedimientos de arranque y parada de los equipos de depuración para garantizar su funcionamiento eficaz en todo momento que se necesiten.
- Cuando el proceso integrado de minimización no sea suficiente para eliminar los problemas de olores, emplear técnicas de depuración.
Tratamiento de aguas residuales
Cuando se requieran tratamientos avanzados o alcanzar niveles especiales de vertido
○ Usar filtración para la limpieza de las aguas residuales.
○ Eliminación de sustancias peligrosas.
○ Usar filtración por membranas.
Cuando la calidad del agua residual es adecuada para su reutilización en proceso
○ Reutilización posterior de agua depurada si ha sido esterilizada y desinfectada, evitando el uso de cloro activo y consiguiendo los estándares de calidad de la Directiva 98/83/EC.
Tratamiento de lodos de depuración
○ Secado, si puede ser usado calor natural o calor recuperado del proceso.
MTDs adicionales para el sector cervecero
- Alcanzar unos niveles de consumo de agua de 0,4-1 m ³ /hl de cerveza producida.

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 de elaboración de cerveza deben efectuar mediciones y controles para realizar la declaración EPER (solo las incluidas en el anejo 1 de la Ley IPPC), el cálculo de tasas/cánones de emisión, medición de los objetivos y metas del SGMA en su caso, controlar el rendimiento de los equipos de tratamiento y depuración o como medio de control de la eficiencia del proceso productivo.

La identificación de los 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 EPER 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 cervecera.

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 cerveceras españolas estuvieran representadas.

Asimismo, se menciona brevemente la normativa aplicable más relevante.

5.1 CONSUMO DE RECURSOS

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

Tabla 10 Principales recursos consumidos en la industria cervecera

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 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 obtenerse 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 pérdidas 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 11. 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 <i>periodo</i>	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 cerveceras 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 cerveceras 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 12. 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 cerveza.

Tabla 13. Parámetros de control típicos de la industria cervecera

Clase	Parámetro	Unidades	Tipo
Materia orgánica	DQO	mg O ₂ /l	En discontinuo
Sólidos no disueltos	Sólidos en Suspensión (S.S.)	mg/l	
Nitrógeno	NKT ⁽¹⁾	mg N/l	
Fósforo	P Total	mg P/l	
Conductividad eléctrica	CE	μS/cm	En continuo o discontinuo
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 cervecera. 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”⁵. Este texto tiene una traducción al castellano de la 17ª edición original, “Métodos Normalizados de Análisis de Aguas Potables y Residuales”⁶. 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 alternatively se emplean procedimientos internos basados en estos métodos.

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 14. 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

⁵ 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, 20ª (1998).

⁶ Publicada por Díaz de Santos Ediciones en 1992. Traducción de la 17ª edición de la WEF-APHA-AWWA.

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 cerveza.

Tabla 15 .- 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 11905-1:1998 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”⁷ o “ASTM Standards for Water and Environmental Technology (Section 11)”⁸.

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 (EPER).

La *Decisión 2000/479/CE de la Comisión Europea* relativa a la realización de un inventario europeo de emisiones contaminantes (EPER), establece reglas de notificación periódica por parte de los Organismos estatales correspondientes de los Estados miembros, de determinados parámetros de emisión a la atmósfera y al agua para aquellas actividades industriales incluidas en el anejo 1 de la *Directiva 96/61/CE*, y por ende en la *Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación*.

Esta Decisión, aunque obliga expresamente a los Estados miembros a la transmisión de los datos a la Comisión Europea, afecta directamente a los sectores industriales listados en la Ley

⁷ Publicado por EPA, United States Environmental Protection Agency. Última revisión, marzo 1983.

⁸ Publicado por ASTM, American Society for Testing and Materials. Última edición, Volume 11.01 & 11.02, 2001.

IPPC, ya que son estos los que en primera instancia deben suministrar la información que se les requiere en cada caso particular.

En el caso del sector cervecero, según las sublistas sectoriales específicas de contaminantes emitidos al agua y que figuran en el “*Documento de orientación para la realización del EPER*”, se deben notificar las cantidades anuales emitidas de Nitrógeno Total, Fósforo Total, Carbono Orgánico Total (COT) y Cloruros.

Los valores de emisión deben estar expresados en kg/año y redondeados a tres dígitos significativos. Los datos deben ir acompañados de la letra (M, C o E), en función del método de determinación utilizado: medido (M), calculado (C) o estimado (E). En el caso de las industrias cerveceras, se suelen utilizar métodos de medición o cálculo.

- Código M: 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.
- 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.
- Código C: datos basados en cálculos de balance de masas o factores de emisión aceptados en el ámbito nacional o internacional y representativo del sector cervecero.

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 cerveza.

- Código E: 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.

Todos los parámetros de emisión al agua asignados al sector cervecero, sometidos a control para la notificación, disponen de métodos comunes de toma de muestras y metodologías de medición específicas recomendados por el Ministerio de Medio Ambiente a través del portal EPER-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 anejo 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 sustituida por la autorización ambiental integrada para aquellas actividades industriales incluidas en el anejo 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, 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 queda sustituida por la autorización ambiental integrada para las instalaciones donde se desarrolle alguna de las actividades incluidas en el anejo 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 queda sustituida por la autorización ambiental integrada para aquellas actividades industriales incluidas en el anejo 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 cervecera, 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, los dos tipos de combustibles utilizados mayoritariamente en la industria cervecera son el gas natural y en menor medida el fueloil BIA. Las sustancias más características en los gases procedentes de la combustión del fueloil son el CO₂, SO₂, NO_x y partículas sólidas, mientras que de la combustión del gas natural únicamente cabe mencionar el CO₂ y el NO_x.

La emisión de partículas en las áreas de descarga, transporte y molienda de la malta se controlan también en las chimeneas de extracción, generalmente tras los ciclones.

Las emisiones de CO₂ de fermentación y los vahos de cocción pueden calcularse de forma precisa y simple utilizando los factores de emisión correspondientes.

Factor de emisión

- | | |
|---|--------------------------------------|
| - CO ₂ emitido durante la fermentación | 3.2-4 kg CO ₂ /hl cerveza |
| - Vahos de cocción | 0.06-0.1 hl vahos/hl cerveza |

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 periodos 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 cervecera..

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 (O_2 , CO_2 , exceso de aire, tiro de la chimenea, CO , NO , NO_2 y SO_2).

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 puede 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 Committee 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 mas exacta posible, o en otras palabras, debe ser sensible al contaminante estudiado.

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

Tabla 16. 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 máscas de óxidos de nitrógeno.	Características de funcionamiento de los sistemas automáticos de medida
SO ₂	UNE 77222:1996 Determinación de la concentración máscas de dióxido de azufre.	Características de funcionamiento de los sistemas automáticos de medida
Partículas sólidas	UNE 77209:1989 Características de los monitores en continuo para la medida de la opacidad. UNE 77219:1998 Medición automática de la concentración máscas de partículas. Características de funcionamiento, métodos de ensayo y especificaciones.	Método opacimétrico
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	-

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 máscas a la unidad de tiempo (g/h) o a la unidad de producción (g/kg de producto acabado).

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

Según las sublistas sectoriales específicas de contaminantes emitidos a la atmósfera, y que figuran en el “*Documento de orientación para la realización del EPER*”, el sector cervecero debe medir y notificar las cantidades anuales emitidas de CO₂ y NO_x (expresado en NO₂).

Los valores de emisión a la atmósfera, al igual que en el caso de las emisiones al agua, deben estar expresados en kg/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 EPER-España del Ministerio de Medio Ambiente, 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 a través del portal EPER-España, aplicables a los dos parámetros atmosféricos solicitados al sector cervecero.

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 anejo 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 38/1972, de 22 de diciembre, de Prevención y Protección Ambiental de la Atmósfera.*
- *Decreto 833/1975, de 6 de febrero, que desarrolla la Ley anterior.*
- *Orden de 18/10/76, sobre Prevención y Corrección de la Contaminación Industrial de la Atmósfera.*

En el anexo IV del *Decreto 833/1975* se establecen los niveles de emisión de contaminantes para 26 tipos de actividades industriales, entre las que no se encuentra la industria de fabricación de cerveza. Por lo tanto, los límites de emisión que en principio serían de aplicación son los indicados en el punto 27 del anexo IV.

Tabla 17. 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 ³	4.300
CO	ppm	500
NO _x (medido como NO ₂)	ppm	300
Opacidad	Escala de Ringelmann	1
	Escala de Bacharach	2

(1) Los límites de emisión de fluor que se indican son los que han modificado al anterior, según el Real Decreto 547/79.

No obstante, el punto 2.2 del anexo IV del *Decreto 833/1975*, establece límites de emisión para “instalaciones que utilizan fuel-oil”. Aunque se está sustituyendo en gran medida el uso de fuel-oil por el de gas natural en el sector cervecero, todavía son algunas las fábricas que disponen de calderas que emplean fuel-oil como combustible, en cuyo caso serían de aplicación los límites de emisión establecidos en este punto.

Tabla 18. Niveles de emisión del punto 2.2, “Instalaciones que utilizan fueloil” del anexo IV del Decreto 833/1975

Combustible	Parámetro	Unidad de medida	Nivel de emisión
Fuel-oil o gasoil doméstico	Opacidad	Escala de Ringelmann	1
		Escala de Bacharach	2
Fuel-oil pesado nº 1 o BIA	Opacidad	Escala de Ringelmann	2
		Escala de Bacharach	4
Fuel-oil BIA o gasoil doméstico	SO ₂	mg/Nm ³	850
Fuel-oil pesado nº 1	SO ₂	mg/Nm ³	1700
Cualquier potencia y combustible	CO	ppm	1445

5.4 SUBPRODUCTOS/RESIDUOS

El control de subproductos y residuos en una instalación cervecera 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). En este sentido, los restos orgánicos derivados del proceso productivo podrán considerarse un residuo o subproducto en función de su destino final.

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 cervecera están regulados por la *Ley 10/1998, de Residuos* y el *RD 833/1988, 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 cervecera, 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 cervecera.

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 cervecero, como son el bagazo, la levadura y los restos de malta secos. De los tres, es el bagazo el residuo que se genera en mayor cantidad.

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 humana o alimentación animal.

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.

En términos relativos, su tasa de generación dependerá de la materia prima utilizada, el tipo de cerveza fabricada, los estándares del producto y el rendimiento del proceso. Además hay que tener en cuenta que la cantidad de subproducto generado dependerá mucho del grado de humedad final de los mismos. Así, la humedad del bagazo podrá fluctuar entre un 65-81 % en función de la técnica de filtración utilizada, mientras que la levadura tal como se recupera de los tanques de fermentación suele tener más de un 95% de humedad.

En ocasiones, las instalaciones disponen de sistemas para reducir el grado de humedad de dichos subproductos con objeto de reducir los costes de transporte de los mismos o para ajustarse a los requerimientos de los gestores finales.

En el caso de los restos de malta secos, la cantidad generada es generalmente pequeña y en algunos casos puede ser reintroducida en el proceso.

Las principales medidas de control aplicables a los subproductos/residuos orgánicos de cervecería, especialmente bagazo y levaduras, 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 lo más breve posible, ya que por su alto contenido en agua, son materiales que se descomponen fácilmente.
- Entrega a gestores autorizados para su posterior valorización o eliminación.
- Las opciones de aprovechamiento más habituales de los subproductos/residuos orgánicos generados en las instalaciones cerveceras son:
 - alimento para el ganado, incluyendo el bagazo, levadura, polvo y restos de malta,
 - alimentación humana, aplicable a las levaduras,
 - biometanización o gasificación,
 - extracción de sustancias de alto valor añadido de las levaduras para su empleo en la industria de cosméticos y fármacos.

5.4.2. Peligrosos

Como ya se comentó en el capítulo 3, los residuos peligrosos que se generan en el sector cervecero constituyen la categoría menos abundante en el computo 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 cerveceras, 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 regímenes jurídicos 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 anejo 1 de la *Ley 16/2002, de 1 de julio, de Prevención y Control Integrados de la Contaminación*, la Autorización Ambiental Integrada sustituye a la autorización de 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 especificadas 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 la *Orden de 28 de febrero de 1989* y su modificación en la *Orden del 13 de junio de 1990*.

5.4.3. Residuos asimilables a urbanos

En las plantas cerveceras 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.

El vidrio constituye normalmente el tipo de residuos asimilable a urbano más abundante en las cerveceras. Aunque su generación varía mucho de unas instalaciones a otras, dependiendo de la proporción de cerveza que cada instalación envasa en formato botella. Además, debido a la fragilidad de este material, respecto a los demás materiales de envase, es normal la ocurrencia de roturas de botellas en los trenes de envasado, donde se genera la mayor parte del vidrio residual.

Otro tipo de residuo que también se genera normalmente en las líneas de envasado es el metal, que constituye el material de envase de las latas. Otras fuentes de residuos metálicos son las operaciones de sustitución de equipos y piezas y los envases metálicos de materia prima o auxiliar.

Respecto a las medidas de control, 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.

5.4.4. Otros

En esta categoría se incluyen dos tipos de residuos que por sus características no encajan exactamente en ninguna de las tres categorías anteriores; se trata de las tierras de diatomeas agotadas y de los lodos de depuradora.

Las tierras de diatomeas agotadas, utilizadas en la fase de filtración de la cerveza, presentan las características propias del material inicial de origen silíceo más las características adquiridas por la presencia en el residuo de las sustancias orgánicas coloidales y restos de levadura que han sido separadas de la cerveza.

Al tener un elevado contenido en humedad, las tierras han perdido la condición inicial de material pulverulento que le confería el carácter de peligrosidad por inhalación.

Para la gestión interna de las tierras de diatomeas agotadas deben preverse las medidas de control ya mencionadas para las otras categorías de residuos respecto a la recogida y almacenamiento y gestión apropiada, observando las condiciones adecuadas de seguridad e higiene.

Las alternativas de valorización de las tierras de diatomeas también están en función de su contenido en humedad, pero en general pueden ser valorizadas para su uso como:

- enmienda del suelo
- co-substrato para compostaje
- reciclaje para fabricación de materiales de construcción

Los lodos de depuradora de industrias cerveceras 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 y 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 cervecera

En esta tabla se muestran a modo de ejemplo algunos de los subproductos/residuos más habituales de las industrias del sector cervecero. 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 cervecera

Denominación	Código LER ⁽¹⁾ (* indica residuo peligroso)
Subproductos orgánicos (bagazo, levaduras agotadas, restos de malta y adjuntos)	020701
Lodos depuradora	020705
Tierras filtrantes agotadas	020704
Tubos fluorescentes	200121*
Aceites usados	130204* o 130205* o 130206* o 130207* o 130208*
Trapos y papel absorbente usados	150202*
Baterías	200133*
Envases de productos peligrosos	150110*
Residuos de laboratorio	160506*
Disolventes	140602* o 140603* o 200113*
Vidrio	150107 o 200102
Papel y cartón	150101 o 200101
Madera y palets	150103 o 200138
Plástico	150102 o 200139
Metal	150104 o 200140

(1) sistema de codificación asociado a la Lista Europea de Residuos (LER) que figura en la Orden/MAM/304/202, de 8 de febrero

6 TÉCNICAS EMERGENTES Y EN DESUSO

6.1 TÉCNICAS EMERGENTES

En este apartado se presentan las técnicas ambientalmente avanzadas pero que no alcanzan la sector.

6.1.1. Uso de soluciones de limpieza CIP de una sola fase

Operaciones implicadas: Limpieza de equipos e instalaciones.

Descripción: La secuencia normal de limpieza de una instalación CIP incluye un enjuagado inicial, un pase de solución ácida, un pase de solución básica y un pase de desinfectante opcional, incluyendo los correspondientes enjuagues entre cada una de las soluciones de limpieza empleadas.

Las soluciones ácidas sirven para eliminar los depósitos minerales especialmente problemáticos en equipos y tuberías que trabajan en caliente (pasterizadores, cubas de maceración y cocción, evaporadores), mientras que las soluciones básicas eliminan principalmente los depósitos de carácter orgánico, como proteínas y grasas.

Las soluciones de limpieza de una sola fase o monofásicos pueden ser de carácter ácido o alcalino que permiten realizar la limpieza con un solo pase.

Descripción de la mejora ambiental: Además del ahorro en agentes de limpieza, esta medida también permite reducir el número de pases y enjuagues con agua, reduciendo así el consumo de agua y energía, así como la generación de aguas residuales.

Estado de desarrollo en la industria cervecera: Como generalmente en los equipos y tuberías de una instalación cervecera se producen residuos tanto de naturaleza orgánica como inorgánica, estos detergentes de un solo pase no dan resultados totalmente satisfactorios.

En los equipos que en el momento de la limpieza todavía contienen dióxido de carbono (todos los equipos e instalaciones tras la operación de fermentación), se debe tener la precaución de no emplear álcalis porque el CO₂ neutraliza la alcalinidad libre de la solución alcalina pudiéndose producir una depresión en la instalación. En estos caso, para poder utilizar una solución monofásica se debería primero eliminar el dióxido de carbono.

Lo mismo ocurre cuando se utiliza dióxido de carbono como elemento de barrido o empuje al inicio de la limpieza CIP.

6.1.2. Recuperación de la cerveza de la levadura

Operaciones implicadas: Fermentación y guarda

Descripción: Al retirar las levaduras de los depósitos de fermentación y guarda se elimina conjuntamente una cantidad importante de cerveza que puede suponer entre el 1.5-2.5 % del total de la producción.

Desde el punto de vista de proceso, la recuperación y reintroducción en el proceso de la cerveza contenida en las levaduras retiradas supone una mejora del rendimiento, al tiempo que se obtiene un subproducto con un menor grado de humedad (inicialmente ronda el 97%) y por tanto más fácilmente valorizable.

Se pueden utilizar diversas técnicas de separación, pero la que ofrece más perspectivas es la utilización de técnicas de filtración de flujo tangencial.

Descripción de la mejora ambiental: Se mejora el rendimiento del proceso, lo que redunda en un menor consumo de malta por unidad de producto elaborado, así como un mayor aprovechamiento de la energía y el agua que se ha empleado en producir la cerveza que empapa la masa de levadura sedimentada. Además, se obtiene un subproducto, la levadura parcialmente deshidratada, con menor grado de humedad que es más fácilmente valorizable y con mayor precio de mercado, y se reducen los posibles lixiviados que se puedan generar durante el almacenamiento y transporte.

Estado de desarrollo en la industria cervecera: La calidad de la cerveza separada de la levadura es de baja calidad, por ello no en todos los casos es posible su reintroducción en el proceso. En los casos en los que los estándares de producto lo permiten, esta cerveza recuperada se puede mezclar con cerveza normal en un porcentaje muy bajo.

Por otra parte, la técnica de filtración de flujo tangencial para levaduras no está totalmente desarrollada.

6.1.3. Utilizar la filtración de flujo tangencial en lugar de filtración con materiales convencionales

Operaciones implicadas: Clarificación.

Descripción: La filtración de flujo tangencial se presentan como una posible alternativa a la filtración con tierras de diatomeas en la etapa de clarificación de la cerveza, eliminando de este modo el problema de los grandes volúmenes de tierras manejados en las plantas cerveceras.

Para su adecuado funcionamiento precisaría de la instalación previa de una centrífuga que eliminara la mayor parte de las levaduras que contiene la cerveza tras la etapa de guarda, reduciendo así los problemas de colmatación de las membranas.

La filtración con flujo tangencial presenta la ventaja, frente otras técnicas de filtración con membranas, de retrasar la obturación de las mismas ya que el propio flujo del fluido arrastra los sólidos que quedan depositados sobre las membranas.

Descripción de la mejora ambiental: La principal ventaja es la disminución del consumo de tierras filtrantes y de las correspondientes tierras agotadas.

A tener en cuenta el ahorro derivado de los costes de gestión de las tierras de diatomeas saturadas.

Estado de desarrollo en la industria cervecera: La filtración con membranas no afecta a la calidad de la cerveza y evita la manipulación de un material que debe manejarse con ciertas medidas de seguridad laboral para evitar su inhalación.

A diferencia de otros sectores como el vinícola en el que esta tecnología es una realidad, en el sector cervecero su aplicación en la clarificación no está desarrollada del todo.

6.2 TÉCNICAS EN DESUSO

6.2.1. Maceración por decocción

Hasta hace no muchas décadas el método de maceración que se utilizaba tenía una fuerte dependencia del tipo de malta que se empleara, del tipo de cerveza a elaborar y de las predilecciones del maestro cervecero, entre otros factores.

Actualmente, con el avance en los conocimientos sobre los parámetros de proceso y la biotecnología de la cerveza y sus materias primas, se sabe que se puede elaborar prácticamente cualquier tipo de cerveza a partir de cualquier tipo de malta mediante el método de maceración por infusión.

La maceración por infusión presenta ciertas ventajas frente al método por decocción. Algunas de las ventajas más destacables son el menor consumo energético, mayor facilidad de operación, monitorización y automatización, menor necesidad de equipamiento ya que la extracción por infusión tiene lugar en una sola cuba, mientras que la extracción por decocción implica el uso de dos cubas con sus correspondientes accesorios de bombeo, recirculación y sistemas de calentamiento.

Por los motivos expuestos, los sistemas de maceración por decocción, aunque también han evolucionado paralelamente al desarrollo de la industria cervecera, están siendo superados paulatinamente por los sistemas modernos de maceración por infusión.

6.2.2. Limpieza manual de equipos

Los sistemas de conducciones y equipos (depósitos, pasterizadoras, filtros, llenadoras,...) actualmente se limpian sin tener que desmontar la instalación mediante sistemas Cleaning in Place (Sistemas CIP).

Con los sistemas CIP se obtienen mejores niveles de limpieza y desinfección al poder realizar esta operación más frecuentemente, al tiempo que mejora su control.

La posibilidad de automatizar el sistema y de recircular las diferentes soluciones redundará en una disminución del impacto ambiental de la operación.

ANEJOS

MÉTODOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN DE PARÁMETROS EPER QUE AFECTAN A LAS AGUAS

Todos los parámetros de emisión al agua sometidos a control para la notificación por el sector cervecero, disponen de métodos comunes de toma de muestras recomendados por el Ministerio de Medio Ambiente a través del portal EPER-España (www.eper-es.com), de los cuales se hace un resumen en la siguiente tabla.

*Tabla 20.- Métodos recomendados de muestreo de aguas residuales
(Fuente: EPER-España. Ministerio de Medio Ambiente)*

Métodos recomendados para la toma de muestras de N, P, COT y CI			
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 EPER-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, que pueden utilizarse por el sector cervecero.

*Tabla 21.- Métodos recomendados de medición del COT
(Fuente: EPER-España. Ministerio de Medio Ambiente)*

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)
Aguas residuales y lixiviados	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 (20ª Ed.)	-
	Determinación de la DQO en muestras con contenidos salinos < 50 mg/l. Reflujo abierto	SM 5220 B 4b(17ª Ed.)	-
	DQO por titulación volumétrica	NFT 90-101:2001 DIN 38414-9:1986 SM 5220 C (17ª Ed.)	Utilizada por laboratorios de inspección
	DQO por espectrofotometría UV-VIS. Reflujo cerrado	SM 5220 D (19 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
Aguas naturales, subterráneas y residuales	Determinación de COT por espectrofotometría IR	EPA 415.1 (1974) SM 5310 B (17ª Ed.) SM 5310 B (20ª Ed.)	Utilizado por laboratorios de inspección Utilizado por OCAs
	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 22. Métodos recomendados de medición de cloruros
(Fuente: EPER-España. Ministerio de Medio Ambiente)

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 industriales	Determinación por cromatografía iónica en fase líquida. Parte 2	UNE-EN-ISO 10304-2 :1997	-
	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 (20ª 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 (20ª 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 23.- Métodos recomendados de medición del nitrógeno
(Fuente: EPER-España. Ministerio de Medio Ambiente)

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. Método por mineralización oxidante con peroxodisulfato	UNE-EN-ISO 11905-1:1998	Propuesta en la Guía EPER de la Comisión
	Reducción/quimioluminiscencia	EN V 12260: 2003	Propuesta en la Guía EPER de la Comisión

	Oxidación-reducción/quimioluminiscencia	DIN 38409-27:1992	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-N _{org} D	Utilizado por laboratorios de inspección
	Determinación de nitrógeno amoniacal y Kjeldahl por titulación volumétrica	SM 4500-NH ₃ E (17ª Ed.) SM 4500-N _{org} B (17ª 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	-
Aguas naturales y residuales	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
	Determinación de nitratos por espectrofotometría UV-VIS (método de la reducción con cadmio)	SM 4500-NO ₃ B y E (17ª Ed.) SM 4500-NO ₃ E (19ª Ed.)	Utilizado por laboratorios de inspección
	Determinación de nitratos por potenciometría	SM 4500-NO ₃ D (19ª 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	-
Aguas naturales y residuales	Determinación de nitrógeno Kjeldahl total por quimioluminiscencia	ASTM D-5176 (1991)	Utilizado por laboratorios de inspección

Lixiviados Aguas residuales litorales y continentales	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 total por volumetría	SM 4500 N _{org} B (19 ^a Ed.) SM 4500 NH ₃ 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	-	-
	Determinación de amoniaco por el método titulométrico	-	-
	Determinación de nitrógeno amoniacal por inyección en flujo (CFA/FIA) y detección espectrométrica	UNE-EN-ISO 11732:1997 UNE-EN-ISO 11732/1M:1999	-
	Determinación de nitrógeno amoniacal 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 amoniacal por titulación volumétrica	SM 4500-NH ₃ 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 24.- Métodos recomendados de medición del fósforo total
(Fuente: EPER-España. Ministerio de Medio Ambiente)*

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
Aguas residuales y lixiviados	Fósforo disuelto por espectrofotometría UV-VIS	SM 4500-P D (17ª Ed.) SM 4500-P C (19ª Ed.) SM 4500-P B y E (20ª Ed.) NFT 90-023:1997 Aptdo. 5.1 DIN 38414:1984	Utilizados por laboratorios de inspección y OCAs
Aguas residuales	Determinación de ortofosfato disuelto por cromatografía iónica en fase líquida	UNE-EN-ISO 10304-2:1997	-
	Fósforo total por espectrofotometría UV-VIS (método del ácido ascórbico)	SM 4500-P E (17ª Ed.) SM 4500-P B y E (20ª Ed.)	Utilizado por laboratorios de inspección
	Fósforo total por espectrofotometría UV-VIS (método del ácido vanadomolibdofosfórico)	SM 4500-P A, B y C (17ª Ed.)	
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 EPER ATMOSFÉRICOS

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

Tabla 25.- Métodos recomendados de muestreo y medición de CO₂
(Fuente: EPER-España. Ministerio de Medio Ambiente)

Métodos recomendados para la toma de muestras de CO₂			
Fuentes	Método de muestreo	Norma de referencia¹	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 referencia¹	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 26.- Métodos recomendados de muestreo y medición de NO_x
(Fuente: EPER-España. Ministerio de Medio Ambiente)

Métodos recomendados para la toma de muestras de NO_x			
Fuentes	Método	Norma de referencia¹	Observaciones
Emisiones de fuentes estacionarias	Determinación de las concentraciones máscas de óxidos de nitrógeno. Características de funcionamiento de los sistemas automáticos de medida	UNE 77224:2000	Equivalente a ISO 10489:1996
Fuentes fijas de emisión	Toma de muestra	método EPA 7 (1986) método EPA 7 (1990)	Utilizada por laboratorios de inspección
	Toma de muestra	DIN 33962:1997	-
	Análisis de gas. Preparación de las mezclas de gases para calibración. Método de permeación	UNE 77238:1999	Equivalente a ISO 6349:1979
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 máxicas de óxidos de nitrógeno. Características de funcionamiento de los sistemas automáticos de medida	UNE 77224:2000 (Equivalente a ISO 10489:1996)	Propuesta en la Guía EPER de la Comisión
	Determinación de la concentración máxica de óxidos de nitrógeno. Método fotométrico de la naftilendiamina (NEDA)	UNE 77228:2002 (Equivalente a ISO 11564:1998)	Propuesta en la Guía EPER de la Comisión
	Determinación de óxidos de nitrógeno (NO _x) por espectrofotometría UV-VIS	método EPA 7 (1990) método EPA 7 (1986)	Utilizado 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 NO _x			

- (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
CSTR	Continuous stirred tank reactor
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
EGSB	Expanded granular sludge bed
EMAS	Eco-management and audit scheme
EN	Norma Europea
EPA	United States Environmental Protection Agency
EPER	European Pollutant Emission Register
FIA	Flow injection analysis
HFC	Hidrofluorocarbono
IC	Internal circulation
I+D	Investigación más desarrollo
IEC	International Electrotechnical Commission
IPPC	Integrated Pollution Prevention and Control
IPTS	Institute for Prospective Technological Studies
IR	Infrarrojo
ISO	International Standard Organization
IVA	Impuesto sobre el valor añadido
LER	Lista europea de residuos
MTD	Mejor técnica disponible
MIMAM	Ministerio de Medio Ambiente
NKT	Nitrógeno Kjeldahl total
OCA	Organismo de control autorizado
RD	Real Decreto
SGMA	Sistema de gestión ambiental
SS	Sólidos en suspensión

T ^a	Temperatura
TWG	Technical working groups
UASB	Upflow anaerobic sludge blanket
UE	Unión Europea
UNE	Una norma española
UP	Unidades de pasteurización
UV-VIS	Ultravioleta visible
VLE	Valor límite de emisión
WEF	Water Environment Federation

Elementos y compuestos químicos

2C ₂ H ₅ OH	Etanol
CH ₄	Metano
C ₆ H ₁₂ O ₆	Glucosa
CO	Monóxido de carbono
CO ₂	Dióxido de carbono
EDTA	Ácido etilendiamintetraacético
H ₂ S	Ácido sulfhídrico
N	Nitrógeno
NEDA	Naftilendiamina
NH ₃	Amoníaco
NO	Monóxido de nitrógeno
NO ₂	Dióxido de nitrógeno
NO _x	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 Tª= 0°C y P= 1 atm.
°P	grado Plato (1 °P=1% de extracto=10 g/l de extracto total)
ppm	partes por millón

s	segundo
t	tonelada
μS	microsiemens
€	euro