



PROYECTO INFO MTD's.



MEJORES TÉCNICAS DISPONIBLES EN EL SECTOR CERVECERO.

A. INTRODUCCIÓN

El pasado 24 de septiembre de 1996, el Consejo de la Unión Europea aprobó la **Directiva 96/61**, relativa a la **prevención y control integrado de la contaminación**, que afecta entre otros sectores productivos a la industria agroalimentaria.

El objetivo de esta Directiva es **Reducir y Prevenir** los impactos que las actividades industriales producen en el medio ambiente en su conjunto (*atmósfera, agua y suelo*).

Esta Directiva supone un importante cambio de enfoque en el tratamiento de la prevención y control de la contaminación industrial basado en el concepto de “**Mejores Técnicas Disponibles**” (comúnmente conocidas como MTD’s o BATs).

De un lado, se produce un cambio de punto de vista en la relación entre industria y medio ambiente, ya que tiene en cuenta las particularidades y posibilidades de cada proceso productivo de forma independiente (las MTDs, lo son para cada proceso en particular). De otro, puede suponer para las empresas afectadas la necesidad de realizar un esfuerzo a la hora de adaptarse a la Directiva.

La Directiva IPPC 96/61/CE, se diferencia de las anteriores normativas sobre protección medioambiental en la forma de abordar la prevención y el control público de la contaminación industrial, ya que introduce nuevos enfoques para resolver estos problemas:

- La mejor forma de reducir la contaminación es reducirla en origen, es decir, en el proceso productivo.
- Considerando el medio ambiente en su conjunto, debe evitarse que la contaminación pueda pasar de un medio receptor a otro (p.e. del agua al suelo).
- Para cada proceso, los valores límite de emisión tendrán como referencia aquellos producidos con el uso de las Mejores Técnicas Disponibles y éstos variarán con el tiempo a medida que evolucione la tecnología disponible.



Las Mejores Técnicas Disponibles (MTD's) para cada proceso productivo son aquellas técnicamente relevantes por su eficacia, comercialmente disponibles y que se puedan encontrar tanto en instalaciones existentes como futuras, caracterizadas por:

- generar pocos residuos
- usar sustancias menos peligrosas
- fomentar la recuperación
- reducir el uso de materias primas
- aumentar la eficacia del consumo de energía
- disminuir el riesgo de accidentes

Según la lista que aparece en el Anexo I de la Directiva, las actividades de la industria agroalimentaria afectadas por la Directiva IPPC son las siguientes:

- Instalaciones para el **curtido de cueros** con una capacidad de producción de más de **12 Tm/día**.
- **Mataderos** con una capacidad de producción de canales superior a **50 T/día**.
- Tratamiento y transformación destinados a la fabricación de productos alimenticios a partir de:
- **Materia prima animal** (que no sea leche) de una capacidad de producción de productos acabados superior a **75 T/día**.
- **Materia prima vegetal** de una capacidad de producción de productos acabados superior a **300 T/día (valor medio trimestral)**.
- **Tratamiento y transformación de la leche**, con una cantidad de leche recibida superior a **200 T/día (valor medio anual)**.
- Instalaciones para la eliminación o el **aprovechamiento de canales o desechos de animales** con una capacidad de tratamiento superior a **10 T/día**.
- Instalaciones destinadas a la **cría intensiva de aves de corral y cerdos** que dispongan de más de:
 - **40.000 emplazamientos para aves de corral**.
 - **2.000 emplazamientos para cerdos de cría** (de más de 30 Kg)
 - **750 emplazamientos para cerdas**.

Además de estos hechos, la puesta en práctica de los principios de esta norma requiere una importante fase previa de recopilación de información, con el fin de establecer cuales son las Mejores Técnicas Disponibles, desde el punto de vista medio ambiental, para cada proceso productivo en particular y, lo que no es menos importante, en la situación específica de cada país miembro de la UE.

El presente documento forma parte de la documentación final correspondiente al proyecto “Difusión, Promoción e Intercambio de Información acerca de las Mejores Tecnologías Disponibles en los Sectores Industriales Agroalimentarios y Afines afectados por la Directiva IPCC 96/61/CE”, que bajo el criterio de aunar esfuerzos de las entidades, administraciones públicas, industrias y asociaciones implicadas en esta problemática, ha sido promovido por AINIA. Desde 1998, la Federación Española de Industrias de la Alimentación y Bebidas (FIAB) participa junto a AINIA en el desarrollo del proyecto.

El proyecto está financiado por el MINER a través de la iniciativa ATYCA y el programa ADAPT del Fondo Social Europeo, y ha sido incluido en una iniciativa global para todo el conjunto de sectores industriales afectados en la que participa también la Fundación Entorno.

Para el desarrollo del proyecto, es de importancia capital la participación de técnicos de industrias y asociaciones industriales del sector, conocedores de la problemática tecnológica y medioambiental de la industria, así como la de técnicos de Centros Tecnológicos, que pueden aunar conocimientos específicos en el campo medio ambiental y en el de nuevas tecnologías.

Las mesas de trabajo subsectoriales, que comenzaron su andadura durante 1997 para alguno de los subsectores agroalimentarios, formadas por técnicos de empresas y asociaciones han permitido obtener información de primera mano y contrastar los datos obtenidos de otras fuentes.



B. LA INDUSTRIA CERVECERA EN ESPAÑA

El sector cervecero español alcanzó una producción de cerca de 26 millones de hectolitros en 1999, manteniéndose como el primer país productor de la zona sur de Europa, el tercero de la Unión Europea, y el noveno del mundo.

Tabla 1. **Producción y consumo de cerveza en la Unión Europea.**

(Fuente: Cerveceros de España. Año 1999)

	Producción (Mill. hl)	Consumo “per cápita” (litros)
Alemania	111.700	127.4
Reino Unido	56.652	99.4
España	25.852	68.76
Holanda	23.988	84.3
Francia	19.807	38.6
Bélgica y Luxemburgo	14.574	104
Italia	12.193	26.9
Austria	8.830	108.1
Dinamarca	8.075	107.7
Irlanda	8.478	124.2
Portugal	6.784	65.3
Suecia	4.568	57.3
Finlandia	4.697	79.1
Grecia	4.022	42.0
Total / Media	310.220	77.8

La evolución del comercio exterior de cerveza, es favorable a la producción cervecera nacional (en 1999 las importaciones sólo supusieron un 7% del consumo total).

En 1999, el consumo total de cerveza en nuestro país alcanzó los 27.1 millones de hectolitros, con un consumo per cápita de 68.76 litros frente a los 77.8 litros de la media europea.

En la siguiente tabla se muestra el consumo per cápita en España según las distintas zonas geográficas.

Tabla 2. El consumo de cerveza en España.

(Fuente: Cerveceros de España)

Zona geográfica	Consumo per cápita (litros)
Andalucía y sur de Extremadura	80.86
Cataluña y Baleares	68.55
Centro de España	60.62
Levante y Albacete	74.93
Norte de España	35.27
Canarias	74.46
Galicia, Asturias y León	31.96
TOTAL / MEDIA	68.76

La distribución de las ventas de cerveza en España se muestra en el siguiente gráfico.

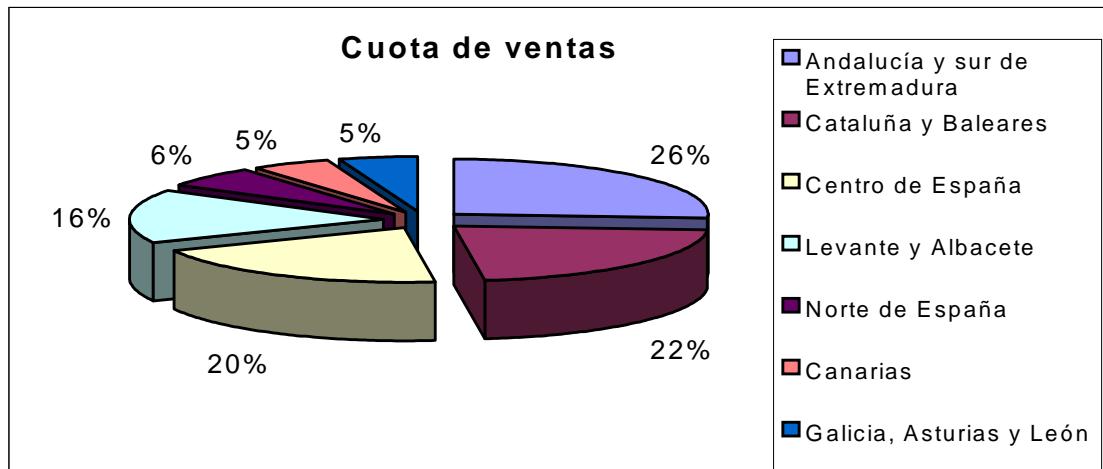


Figura 1.- Distribución geográfica de la cuota de ventas.

Por tipo de cerveza, la extra y la especial son las más vendidas en nuestro país. La cerveza sin alcohol continúa en su nivel siendo España el país de la Unión Europea con mayor consumo de este tipo de bebida.

En cuanto al tipo de envase utilizado para la comercialización de la cerveza, en la tabla siguiente se recogen a nivel global los porcentajes de utilización de cada tipo de envase.

Tabla 3. **Porcentaje de utilización de cada tipo de envase.** (Fuente Cerveceros de España)

TIPO DE ENVASE	
Reutilizable (63%)	Barril (33%)
	Botellas retornables (30%)
No reutilizable (37%)	Botellas de 25, 33, 100 cl (23%)
	Lata (14%)

Las diez compañías Cerveceras de España cuentan con un total de 22 fábricas de cerveza distribuidas por toda la geografía española tal y como se muestran en la siguiente figura.

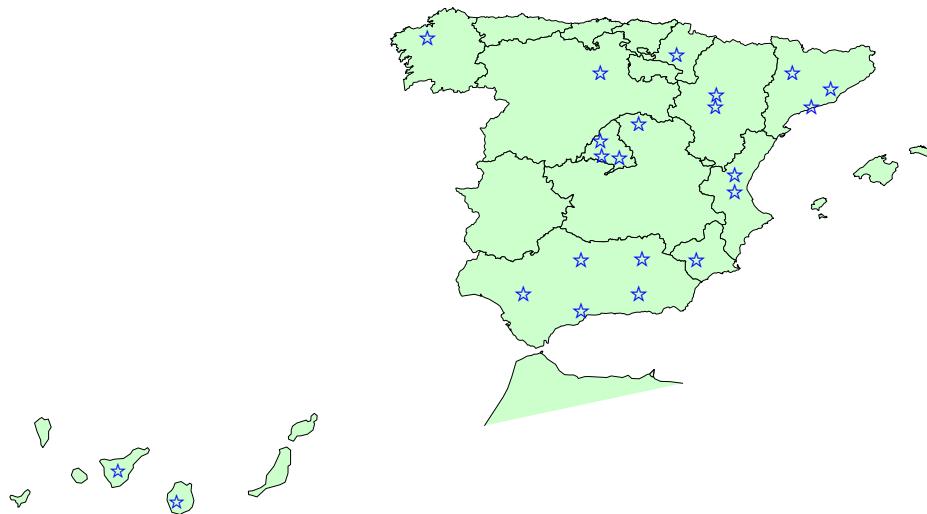


Figura 2.- Distribución de las fábricas de cerveza en España.

Tabla 4. **Fábricas de las compañías cerveceras de España.** (Fuente: Cerveceros de España).

Empresa	Establecimientos industriales
Grupo Cruzcampo, S.A.	Sevilla, Madrid, Jaén, Navarra, Valencia
Mahou, S.A.	Madrid, Guadalajara
S.A. El Aguila	Madrid, Valencia
Grupo Damm	Barcelona (2 fábricas), Murcia
San Miguel, S.A.	Lérida, Málaga, Burgos
Compañía Cervecera de Canarias	Tenerife, Las Palmas
Hijos de Rivera, S.A:	La Coruña
La Zaragozana, S.A.	Zaragoza
Cervezas Alhambra, S.A.	Granada, Cordoba
Coors Brewing Ibérica, S.A.	Zaragoza

 AINIA® <small>INSTITUTO TECNOLÓGICO AGROALIMENTARIO</small>	LA INDUSTRIA CERVECERA La industria cervecera en España.
--	---

La mayoría de estas empresas cerveceras están asociadas a compañías multinacionales y la mayor parte de ellas cuentan con una acreditación de calidad y se encuentran en proceso de acreditación medioambiental, que alguna de ellas ya posee.

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)”.

Para determinar el número de empresas afectadas por esta Directiva se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones:

Se consideraron 250 días laborables / año

Una producción uniformemente repartida a lo largo del año.

Por lo que para una producción de 300 Tn/día (según se indica en la IPPC 96/61), se obtienen 750.000 Hl cerveza / año de producción real. Valor que se ha tomado como referencia a la hora de determinar el número de empresas afectadas.

Hay que señalar que en la Directiva los valores de producción hacen referencia a la *capacidad de producción* y no a producción real.

Según datos del sector el número de instalaciones afectadas por esta Directiva es de 13. Ya que nueve de las fábricas existentes no superaron los 750.000 Hl de producción media en los últimos tres años.



En la siguiente tabla se muestran algunos datos del sector en 1999.

Tabla 5. Datos del sector en 1999. (Fuente Cerveceros de España)

Volumen de facturación	355.000 millones de pesetas
Empleo directo	8.500 personas
Empleo indirecto	150.000 familias
Inversión en mejoras tecnológicas	21.500 millones de pesetas
Inversiones en formación profesional	600 millones
Producción de lúpulo	1.573 toneladas (cuarto país productor de la UE)
Nº de malterías en España	13
Producción de malta	415.000 toneladas

C. DESCRIPCIÓN GENERAL DE PROCESOS INDUSTRIALES

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) tras su cocción y aromatizado con lúpulo. La malta se obtiene mediante la germinación, desecación y tostado de la cebada.

Aunque en el mercado podemos encontrar una enorme variedad de cervezas, la mayoría de ellas se pueden incluir en uno de los siguientes grupos básicos: el tipo “ale”, de fermentación alta y el tipo “lager”, de fermentación baja. La diferencia fundamental entre estos dos tipos de productos radica principalmente en la levadura usada, las temperaturas a que se fermenta el mosto y finalmente, en la forma en la que se recolecta la levadura para separarla del mosto fermentado o cerveza joven al final de la fermentación.

Así, mientras en la cerveza tipo “lager” se utiliza fundamentalmente levadura del género *Saccharomyces carlsbergensis* que se deposita en el fondo del fermentador tras la fermentación, en la cerveza “ale” se utiliza *Saccharomyces cerevisiae* que flota en la superficie del líquido.

El proceso general de elaboración de cerveza en su forma elemental se puede resumir como se indica a continuación:

La cebada malteada se Tritura para obtener una harina muy grosera. A continuación se le añade agua para formar una masa o papilla y estimular los enzimas de la malta a solubilizar el endospermo degradado de la malta molida.

El extracto acuoso, denominado mosto, se separa de los sólidos agotados (bagazos) mediante filtración y la aspersión de más agua caliente sobre la masa.

Una vez extraído el mosto se añade el lúpulo, el cual aportará a la cerveza sus características aromáticas propias. A continuación se realiza la cocción con lo que se detiene la acción enzimática, se esteriliza el mosto y se coagulan algunas proteínas.

En la siguiente etapa, el mosto se clarifica, enfriá y aírea, para conseguir las condiciones ideales para el crecimiento de las levaduras y el comienzo de la fermentación.



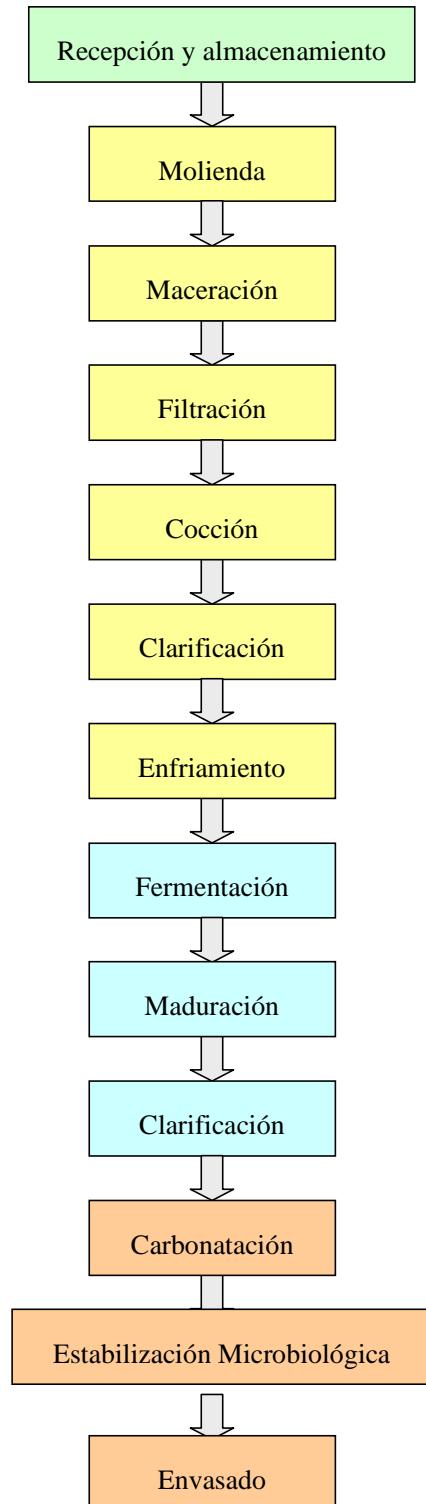
Durante la fermentación, gran parte de los hidratos de carbono se convierten en alcohol y dióxido de carbono, mientras que otros metabolitos de las levaduras confieren aroma y sabor.

La cerveza de fermentación o cerveza verde se deja madurar en los depósitos de guarda, donde se mantiene a baja temperatura para que tenga lugar la fermentación secundaria con la levadura arrastrada y precipiten las sustancias que de otro modo enturbiarían la cerveza.

Por último, se realizan las operaciones de carbonatación, pasterización y envasado, cuyo orden dentro del proceso depende del tipo de envase utilizado.

El diagrama general del proceso productivo es el siguiente:

DIAGRAMA GENERAL DEL PROCESO PRODUCTIVO.



C.1. RECEPCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA.

Para fabricar cerveza son necesarios cinco materias primas (malta, agua, levadura, lúpulo, y en ocasiones adjuntos), que generalmente no presentan problemas de abastecimiento en España.

- La malta, se obtiene a partir de granos de cebada. Primero se remojan los granos permitiendo que germinen durante un periodo de tiempo limitado y posteriormente se desecan mediante corriente de aire para detener la germinación. El proceso de malteado es imprescindible ya que la cebada no se puede utilizar directamente en la producción de cerveza, al no tener desarrollado el sistema enzimático encargado de transformar el almidón en azúcares. Este proceso se realiza en las malterías o en las mismas instalaciones de la cervecería. La malta se recibe a granel, se pesa y se dirige a la zona de silos donde se descarga.
- La composición del agua influye fuertemente en la calidad de la cerveza producida, por lo que en algunos casos resulta imprescindible una estandarización del agua de proceso para que no se produzcan variaciones en el sabor y características de la cerveza, además de evitar problemas en los procesos de extracción, transformación enzimática y precipitación.
- Las levaduras se preparan en los laboratorios de las propias fábricas a partir de cepas seleccionadas, y se pueden reutilizar en el proceso varias veces.
- El lúpulo se añade al mosto para contribuir al aroma, proporcionar el amargor típico de la cerveza, e inhibir la actividad microbiológica debido a sus propiedades antisépticas. El lúpulo se puede añadir como inflorescencias femeninas denominadas “conos”, polvos, pellets o extracto.
- Los adjuntos (medianos de arroz, maíz, trigo, cebada, tapioca y azúcares) se pueden añadir a la malta para aumentar su contenido en almidón y, por tanto, el porcentaje de azúcares fermentables. Se añaden en menor o mayor cantidad dependiendo de la calidad de la malta y de las características del tipo de cerveza.

C.2. PROCESO DE ELABORACIÓN DEL MOSTO.

El mosto de malta es el líquido obtenido por tratamiento de malta con agua potable para extraer sus principios solubles. Las etapas que comprende el proceso de elaboración del mosto son: molienda, maceración, filtración, cocción, tamizado, clarificación y enfriamiento.

C.2.1. Molienda.

La molienda tiene por objeto triturar la malta para lograr un tamaño de partícula que permita una maceración adecuada. Es necesario que la cascarilla permanezca tan entera como sea posible ya que, si se desintegra demasiado, no puede formar un filtro suficientemente eficaz y permeable en la fase posterior de filtrado.

La finura de la molienda dependerá del tipo de equipo utilizado para la filtración del mosto, ya que si el lecho es profundo requiere, en general, partículas más groseras..

C.2.2. Maceración

La harina de malta se mezcla con agua y se vierte en cubas, donde se produce la maceración. Un aumento de la temperatura a una velocidad apropiada con adecuados períodos de estabilización coloca a los enzimas en condiciones favorables: para transformar el almidón en azúcares fermentables y las proteínas en péptidos y aminoácidos, que constituirán la fuente nitrogenada necesaria para la fermentación posterior.

La maltosa es el sustrato para la levadura, y los péptidos contribuyen al cuerpo, paladar y sabor de la cerveza. Para acelerar y homogeneizar la producción del mosto se añaden enzimas (alfa y beta amilasas, proteasas y glucanasas) directamente.

En esta fase también se pueden añadir los adjuntos (previamente acondicionados), a fin de aumentar el porcentaje de almidón. Al final del proceso, la mezcla se somete a filtración.

C.2.3. Filtración.

La filtración se realiza en cuba filtro o filtro prensa, contribuyendo la propia cascarilla de la malta a formar un lecho filtrante. El mosto se recircula hasta que sale claro, lo que indica que ya se ha formado la capa filtrante.

En esta etapa se separa el mosto del bagazo (restos sólidos de la maceración).

C.2.4. Cocción.

El jugo obtenido por la filtración del macerado se introduce en una caldera donde se calienta junto con el lúpulo hasta ebullición, durante un tiempo comprendido entre media hora y dos horas.

Con ello, se trata de extraer las sustancias amargas del lúpulo que le dan el sabor clásico a la cerveza, eliminar el exceso de agua para conseguir la densidad adecuada del mosto, esterilizar el mosto y precipitar los complejos de proteínas.

Cuando se han utilizado conos de lúpulo enteros es necesario recurrir a un separador del lúpulo al final de la cocción.

C.2.5. Clarificación del mosto.

Durante la cocción, las proteínas sensibles al calor precipitan, formándose el turbio caliente o “trub”, que es necesario eliminar de la cerveza. Esta separación se hace en grandes depósitos conocidos como Whirpool, mediante un tipo especial de centrifugación,. El mosto entra en el depósito de forma tangencial, produciéndose unas fuerzas que arrastran el turbio, que queda depositado en la parte central inferior de dichos tanques.

C.2.6. Enfriamiento.

El último paso antes de la fermentación es el enfriamiento. El mosto decantado, que está aprox. 98 °C, se enfriá hasta unos 8 °C en un intercambiador de placas que utiliza agua como refrigerante. El agua entrante se calienta hasta una temperatura aproximada de 85°C, y posteriormente se utiliza en otros puntos del proceso donde sea necesaria.

Como último paso de la refrigeración se puede utilizar agua glicolada a baja temperatura.

C.3. FERMENTACIÓN Y MADURACIÓN.

Al mosto obtenido se le inyecta aire estéril hasta conseguir una concentración de aprox. 8 ppm. de O₂. En este momento ya está listo para la fermentación, esta etapa comprende las siguientes operaciones: fermentación, eliminación de las levaduras y maduración o guarda.

C.3.1. Fermentación.

La transformación del mosto en cerveza se realiza mediante la fermentación, afinándose la cerveza posteriormente durante su estancia en las bodegas de guarda.

El mosto frío se introduce en grandes depósitos donde se le añaden las levaduras, previamente preparadas, que crecen hasta agotar el oxígeno y fermentar los azúcares transformándolos en alcohol y anhídrido carbónico (CO₂). Dado que esta reacción es exotérmica, los depósitos de fermentación se refrigeran para mantener una temperatura entre 10.5 a 15 °C, según el tipo de cerveza.

C.3.2. Separación de las levaduras.

Una vez finalizada la fermentación primaria se deja que sedimenten las levaduras en el fondo, recogiéndolas para futuras utilizaciones. Como ejemplo podemos decir que en una fermentación tipo “lager” se producen entre 0.27 – 0.36 kg de levadura en exceso/120 l de producto final. La cantidad de levadura generada durante la fermentación supone una relación de 1:4 lo que significa que una cuarta parte de la levadura que se obtiene se reutiliza en sucesivos procesos de elaboración y el resto se elimina como residuo.

C.3.3. Maduración o guarda.

En los depósitos de guarda, la cerveza se mantiene a una temperatura de 0 °C durante un cierto tiempo, que puede variar de uno a seis meses dependiendo del tipo de cerveza.

En estos depósitos tiene lugar la fermentación secundaria con la levadura arrastrada, periodo en el que la cerveza adquiere el sabor y aroma típicos, decantando todavía más y precipitando sustancias que, de otro modo, enturbiarían la cerveza cuando fuera servida al consumidor.



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

C.4. CLARIFICACIÓN, ESTABILIZACIÓN Y ENVASADO.

Las operaciones finales del proceso de fabricación de cerveza son: centrifugación, filtrado y abrillantado, pasterización, carbonatación y envasado.

C.4.1. Centrifugación.

La cerveza madura se puede centrifugar antes del filtrado para eliminar la levadura restante y los precipitados. Esta operación se realiza o no dependiendo del tipo de lúpulo añadido y la levadura empleada, obteniéndose buenos rendimientos para levaduras que floculan bien.

C.4.2. Filtrado.

La filtración se realiza con tierras de diatomeas o Kieselguhr, con las que se hace una precapa a través de la cual pasa la cerveza.

C.4.3. Abrillantado.

El abrillantado puede realizarse mediante placas filtrantes que están constituidas por fibras de celulosa. Cuanto más finas sean éstas tanto menores serán los poros de la placa filtrante correspondiente, aumentando así su capacidad de retención de partículas de pequeño diámetro.

En algunos casos se utilizan placas en serie de diámetro de poro decreciente para retener primero las partículas más groseras y acabar reteniendo las más pequeñas. Cuando se utilizan placas de diámetro muy pequeño es posible incluso retener bacterias, lo que es en sí una filtración esterilizante.

La cerveza filtrada y abrillantada en su caso, se introduce en un depósito regulador presurizado que sirve de alimentador para el pasterizador. El depósito y toda la línea hasta la llenadora deben estar bajo presión para que no se pierda el carbónico.



C.4.4. Carbonatación.

Si la cerveza no tuviera suficiente carbónico se le inyecta en este momento.

C.4.5. Estabilización microbiológica.

Es necesario estabilizar microbiológicamente la cerveza para asegurar que mantenga sus propiedades por un periodo de tiempo suficientemente largo. Dicha estabilización se realiza generalmente mediante pasterización aunque existen tecnologías de membrana que permiten realizar esta operación sin necesidad de aplicación de calor.

El tratamiento térmico se mide en unidades de pasterización (PU), que equivalen a un 1 minuto de tratamiento a 60°C.

La cerveza se puede estabilizar antes o después de envasada dependiendo el tipo de envase que se vaya a utilizar.

Estabilización microbiológica antes del envasado

Los barriles, dado su volumen, no pueden pasteurizarse llenos, por lo que la cerveza se pasteuriza antes del llenado. La pasteurización se lleva a cabo en intercambiadores de calor de placas o sistemas de microfiltración.

Pasterización después del envasado

Las botellas o latas llenas se introducen en una pasterizadora en la que se someten a duchas o baños de agua a distintas temperaturas, primero crecientes hasta que la cerveza alcance la temperatura de pasteurización, y luego decrecientes para enfriar las botellas que salen del pasterizador.

C.4.5.1. Preparación de envases.

Botellas retornables.

Las botellas sucias se limpian en lavadoras constituidas por una serie de baños y duchas a presión con sosa, detergente y agua.



Botellas no retornables.

Las botellas no retornables se enjuagan con agua a presión al llegar desde las empresas vidrieras para eliminar el polvo que se haya podido acumular durante su transporte y almacenamiento.

Bariles.

La lavadora-llenadora consta de una serie de módulos idénticos en los que el barril se despresuriza, se lava internamente con agua caliente y detergente, se escurre, se enjuaga con agua fría, se esteriliza con vapor, se presuriza con CO₂ y se llena.

Latas.

La preparación de las latas antes del llenado es similar a la de las botellas no retornables. Las latas se enjuagan con agua a presión antes del llenado.

C.4.6. Envasado.

El envasado puede ser en botellas, retornables o de un solo uso, en latas o en barriles. Las líneas de envasado son distintas según el tipo de envase.

En el caso de las botellas retornables, las líneas suelen constar de despaletizadora, desempacadora, lavadora de botellas, inspector electrónico, llenadora taponadora, pasterizadora, etiquetadora, empacadora, y paletizadora.

La línea de envasado de botellas no retornables consta normalmente de una desempacadora de vidriera, una enjuagadora de botellas, un inspector electrónico, una llenadora taponadora, un pasterizador, una etiquetadora, , empacadora, y paletizadora.

Antes del envasado en latas la cerveza se pasteriza y se enfriá a 0°C. La admisión de latas vacías se hace por una cadena al carrusel de la llenadora y el llenado comienza automáticamente una vez que se iguala la presión entre la lata y el anillo de cierre. El llenado se realiza sin turbulencias hasta la altura prefijada.

La línea de llenado de barriles consta de una apretadora de espadín, una lavador exterior, un pasterizador, una lavadora-llenadora, una pesadora, una volteadora, una etiquetadora,

un inspector de bocas y una paletizadora. El llenado se realiza sin apenas formación de espuma.

C.5. LIMPIEZA.

En este apartado se considerará por separado la limpieza de equipos y la limpieza de las instalaciones.

C.5.1. Limpieza de equipos.

Durante el proceso de elaboración de la cerveza se producen precipitados, tanto de sales inorgánicas como de productos orgánicos, y adherencias de los mismos a las superficies de los depósitos, las tuberías y otras piezas del equipo con las que contactan el mosto y la cerveza, especialmente en las superficies de transferencia de calor.

Estas deposiciones están constituidas fundamentalmente por sales de calcio y magnesio, proteína desnaturalizada y levaduras.

Por tanto, es necesario realizar limpiezas periódicas de dichos equipos, para evitar que la formación de dicha costra proporcione nutrientes y protección a los microorganismos contaminantes.

C.5.2. Limpieza de instalaciones.

La limpieza de instalaciones es igualmente importante debido al tipo de producto elaborado. La limpieza de instalaciones y equipos debe ser minuciosa y frecuente, debiendo asegurar los niveles de higiene mínimos exigibles. Las operaciones de limpieza poseen una tecnología propia y cuentan con una gestión independiente. Una buena programación de la limpieza es fundamental para conseguir que sean efectivas.



C.6. TRATAMIENTO DEL AGUA PARA EL PROCESO.

En función de la calidad del agua de partida, puede ser necesario establecer un tratamiento del agua para eliminar todas aquellas sustancias que puedan interferir en la calidad de la cerveza o en su estandarización. Este tratamiento puede constar de 3 fases:

- Pretratamientos (filtración, sedimentación, coagulación-flocculación, descarbonatación)
- Desionización
- Tratamiento final (desinfección, carbón activo, ozonización)



D. ANÁLISIS GENERAL DE LA CONTAMINACIÓN PRODUCIDA. OPERACIONES CON IMPACTO MEDIOAMBIENTAL SIGNIFICATIVO.

En este apartado se analizan los principales efectos medioambientales en cada uno de los procesos productivos estudiados, así como las operaciones que verdaderamente son responsables del impacto medioambiental producido por el conjunto. De esta manera, como se explicará en el Apartado F, podemos realizar un primer cribado que permite concentrar nuestra atención en aquellas operaciones del proceso en las que será más importante determinar las Mejores Técnicas Disponibles tal como están descritas en la Directiva IPPC.

Este cribado se realiza mediante la clasificación de cada una de las operaciones básicas de cada proceso productivo según el impacto medio ambiental producido sea de 1^{er} orden, de 2º orden o no significativo. Posteriormente, sólo se identificarán alternativas tecnológicas para las operaciones con impacto medio ambiental de 1^{er} orden o de 2º orden, dejando sin tratar aquellas operaciones dentro de cada línea de producción cuya contribución sobre el impacto total producido es clasificada como poco significativa.

Los principales efectos medioambientales de las industrias del sector se localizan en unas pocas operaciones básicas que son comunes a la mayoría de los procesos. Dichos efectos son:

- **Consumo de agua:** Este tipo de industrias consumen grandes volúmenes de agua, fundamentalmente en las operaciones de limpieza de equipos e instalaciones y las operaciones de envasado. También es importante el agua que se incorpora al producto (el 95% del peso de la cerveza es agua que se añade durante el proceso de elaboración).

En función del grado de optimización de las limpiezas, la necesidad o no de preparar el agua de proceso, el porcentaje de envases retornables utilizados o el tamaño de la planta, los consumos de agua pueden oscilar entre 4.5 y 10 Hl de agua/Hl cerveza.



- **Consumo de energía:** Los consumos energéticos relacionados con el proceso de elaboración de la cerveza, se producen en forma de calor, vapor, agua caliente y electricidad.

En las industrias del sector la repercusión de la energía en los costes de fabricación se sitúa como promedio en torno al 5%. Este consumo se reparte generalmente en 75% de energía térmica y 25% de energía eléctrica.

La preparación del mosto es la fase en la que se produce el mayor consumo de energía térmica (40 al 50% del total), mientras que la refrigeración, principalmente en la etapa de fermentación y bodega, consume entre el 30 y 40% de la energía eléctrica (Fuente: “Informes IDAE: Indicadores Energéticos, Sector de Fabricación de Cerveza”).

Tabla 6. Distribución del consumo eléctrico dentro del proceso productivo (Fuente: Energía en fábricas de cerveza y malta, *Cerveza y Malta* 1993).

Etapa del proceso	Porcentaje respecto al consumo total
Fabricación	9-17 %
Envasado	13-22 %
Refrigeración	35-41 %
Aire comprimido	11-13 %

En un estudio realizado con los datos suministrados por 13 empresas cerveceras españolas y 28 europeas, se refleja la influencia que tiene el tamaño de la instalación sobre el consumo energético. En este mismo estudio, se comparan los consumos energéticos de las cervecerías españolas y europeas (Energía en fábricas de cerveza y malta, *Cerveza y Malta* 1993).



Tabla 7. Consumos medios de electricidad y combustible en función del tamaño de la empresa

(Fuente: Datos sector, Energía en fábricas de cerveza y malta, *Cerveza y Malta 1993*)

	< 1 millón Hl/año		> 1 millón Hl/año	
	Europa	España	Europa	España
Electricidad (kWh/Hl)	9-11	13-20	7-10	10.3-11.6
Combustible (kWh/Hl)	50-81	46-59	43-58	31-40

Según consultas entre empresas del sector en 1999, los consumos energéticos en instalaciones de gran tamaño pueden reducirse hasta 8 kWh/hl de energía eléctrica y 28 kWh/hl de energía térmica.

Las fábricas de cerveza presentan unas diferencias importantes en los consumos energéticos en función del tamaño de la planta, siendo mayores los consumos en las plantas más pequeñas.

Tabla 8. Consumo de materiales auxiliares

	Consumo (kg/hl)	Observaciones
Tierra de diatomeas	0.1-0.3	El consumo depende de si existe o no centrifugación previa de la cerveza
NaOH	0.5-1	En operaciones de limpieza de envases e instalaciones
Detergentes y ácidos	variable	El consumo es muy variable en función de los procedimientos de limpieza
CO ₂	3-4	Las industrias que recuperan el CO ₂ no realizan este consumo
Otros		Materiales de envase, aditivos, etc

- **Vertido de aguas residuales:** En la industria cervecera se produce un gran volumen de aguas residuales, especialmente en las operaciones de limpieza y envasado. El vertido de aguas residuales puede representar el 65-80% del total del agua consumida.

Estas aguas residuales presentan una carga orgánica elevada y fácilmente biodegradable, sólidos en suspensión y vertidos puntuales de limpieza y vaciado de los baños de la lavadora de botellas con pH fuertemente alcalinos.

Tabla 9. Características principales de las aguas de limpieza de las etapas de proceso.

Etapas	Parámetros	Aspectos a controlar
Cervecería	DBO, SS, pH	Eliminación del turbio antes de las limpiezas
Fermentación	DQO, DBO, SS, pH	Separación de las levaduras y cerveza residual.
Envasado	pH, SS, Sólidos gruesos, conductividad, DQO	Optimización del baño de sosa de las lavadoras de botellas retornables. Eliminación de restos de producto en los envases antes de la limpieza.

Las características de las aguas residuales generadas dependen en gran medida del grado de optimización en el consumo de agua y de la gestión dada a los residuos. En la siguiente tabla se muestran las características de algunos residuos susceptibles de ser vertidos a las aguas residuales.

Tabla 10. Características aproximadas de algunos residuos líquidos generados en la industria cervecera (Fuente: Environmental Management in the Brewing Industry, 1996).

	DBO (mg/kg)	Materia seca	Cantidad
Turbio	110.000	15-20%	0.2-0.4 % del mosto
Suspensión de levaduras	120.000- 140.000 mg/l	10-15 %	2-4 kg/Hl cerveza
Cerveza residual	80.000 mg/l		1-5 % del total

En general, las características de aguas residuales generadas hacen necesario su tratamiento previo al vertido a la red de alcantarillado o a cauce natural.

- **Residuos sólidos:** La mayor parte de los residuos generados en las cervecerías son de carácter orgánico (bagazos, levaduras y fangos de depuradora), que pueden ser considerados como subproductos ya que pueden ser valorizados por otras industrias (alimentación humana, alimentación animal, farmacia) o para utilización agrícola como abono orgánico. Dado el valor comercial de los residuos sólidos generados en el proceso de producción y la elevadísima DBO que presentan, es recomendable minimizar el vertido de éstos junto a las aguas residuales.

También se generan cantidades elevadas de residuos de envase (vidrio, cartón, plásticos, metálicos), derivados de las operaciones de recepción de materia prima y envasado

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

Como aproximación, se dan a continuación unos valores de referencia de generación de residuos:

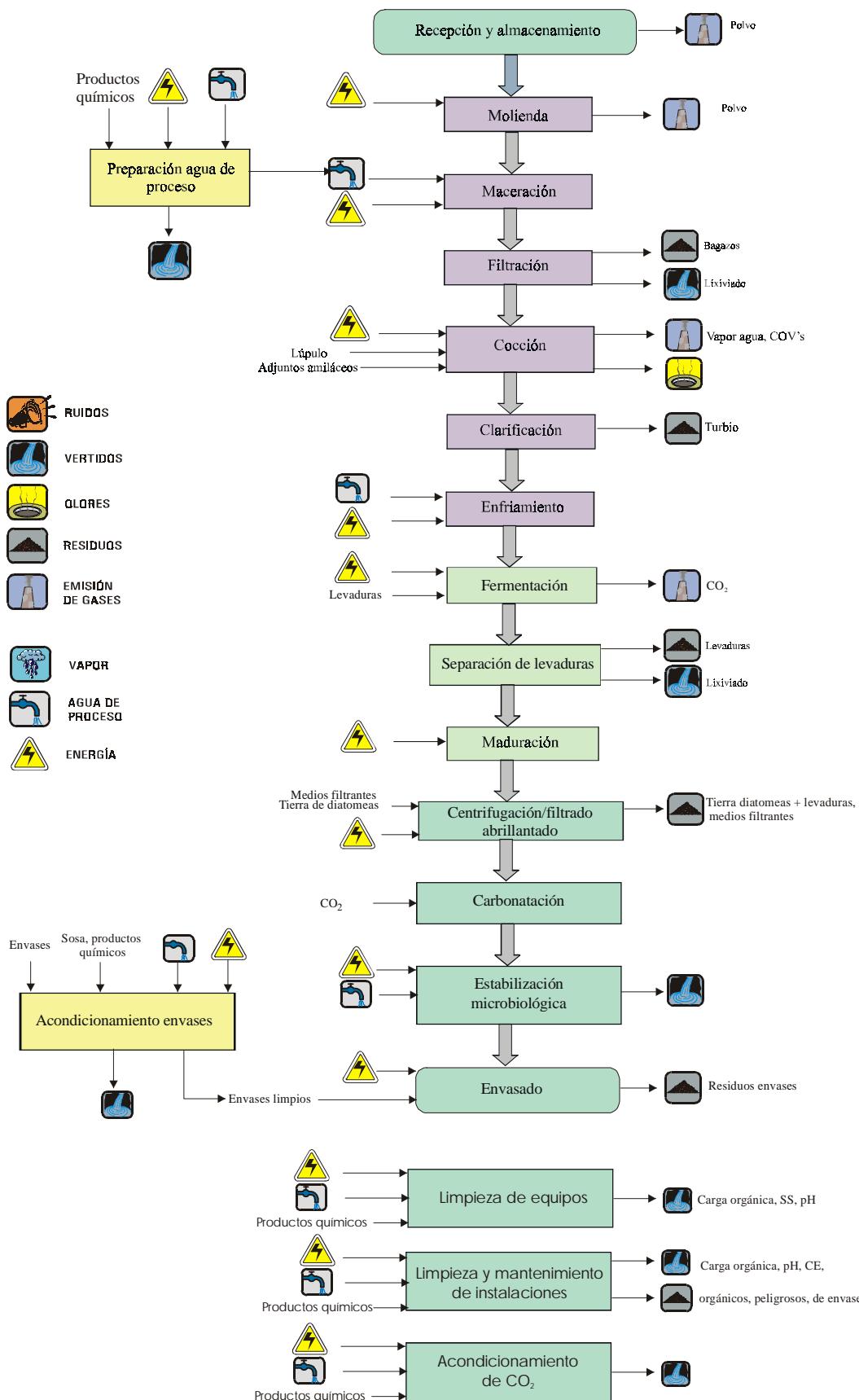


Grupo	Residuo	Operación donde se genera	Cantidad aprox. generada
Residuos orgánicos	Bagazo	Filtración tras la maceración	20 kg/Hl cerveza (con un 80% de humedad)
	Levaduras	Fermentación y guarda	0.64 kg/Hl cerveza (con un 97% de humedad)
	Fangos de depuradora	Tratamiento de aguas residuales	Variable en función de la carga contaminante y el tratamiento de depuración
(*)	Tierra de Diatomeas	Filtrado de la cerveza	0.14 – 0.25 kg/Hl cerveza
Residuos asimilables urbanos a	Basura general	Comedor, papeleras,...	
	Restos de papel y cartón	Envasado y limpieza de instalaciones	
	Plásticos	Envasado y limpieza de instalaciones	0.04 – 0.11 kg/Hl cerveza
	Restos metálicos	Mantenimiento de las instalaciones	
	Vidrio	Envasado	0.5 – 0.9 kg/Hl cerveza
Residuos Peligrosos	Envases usados	Limpieza y mantenimiento	
	Aceites usados	Mantenimiento	
	Resto	Limpieza, mantenimiento y depuración de aguas residuales	



- **Emisiones a la atmósfera.** Las emisiones a la atmósfera que se pueden producir en este tipo de actividad son:
 - Gases de combustión (CO₂, NO_x, SO_x, Partículas). Dependen mucho del tipo de combustible utilizado (fuel, gas natural, ..)
 - Partículas en las operaciones de recepción y transporte de la malta
 - Vahos de vapor de agua y compuestos volátiles durante la cocción (hasta un 10% del volumen de mosto)
 - CO₂ y compuestos volátiles durante fermentación y maduración de la cerveza en el caso de que no se recuperen (3.2-3.3 kg CO₂/hl de cerveza)
 - Fugas eventuales de fluido refrigerante (NH₃, CFC,...)
- **Olores.** El olor característico de las cervecerías se genera en las fases de cocción y fermentación o en la estación depuradora de aguas residuales. También pueden generarse olores puntuales debido a almacenamientos inadecuados de los sólidos (bagazos, levaduras, fangos de depuradora) en el exterior de las instalaciones.
- **Ruido.** En función de la cercanía de las instalaciones a núcleos urbanos, pueden presentarse problemas por el ruido que se produce en algunas operaciones, principalmente en el envasado, y en algunos equipos como los de generación de frío. Otro aspecto importante es el ruido provocado por el tráfico de camiones, ya que se produce de forma continua durante todo el día.

A continuación se muestra el diagrama de flujo del proceso y de las operaciones auxiliares en el que se muestran los consumos y los efectos medioambientales asociados a cada operación.





En el siguiente cuadro se muestran los efectos contaminantes de cada etapa y su valoración.

Operación básica	Efecto	Orden
Recep. y almacenamiento de materia prima	Polvo	1º
Molienda	Consumo de energía	2º
	Polvo	2º
	Consumo de agua	NS
	Vertido	NS
Maceración	Consumo de energía	1º
	Consumo de agua	NS
Filtrado	Residuos sólidos	1º
	Vertido (lixiviado del bagazo)	2º
	Consumo de agua	NS
Cocción	Consumo de energía	1º
	Emisión a la atmósfera de vapor de agua	1º
	Olores	2º (*)
Clarificación	Eliminación del turbio	1º (**)
Enfriamiento del mosto	Consumo de energía	1º
	Consumo de agua	2º
	Vertido	NS
Fermentación	Consumo de energía	1º
	Emisión de CO ₂	1º
Separación de levaduras	Residuos sólidos (levaduras)	1º
	Vertido (lixiviados)	2º
Maduración	Consumo de energía	1º
	Vertido lixiviados	1º
	Residuos de levaduras	2º
Centrifugación y/o Filtrado o abrillantado	Residuos sólidos (levaduras, tierras de diatomeas)	1º
	Consumo de energía	2º
Carbonatación	Consumo de CO ₂	1º (***)
	Consumo de energía	NS
Estabilización microbiológica	Consumo de energía	1º
	Consumo de agua	1º
	Vertido de aguas residuales (volumen)	1º
	Carga contaminante del vertido	2º
Envasado	Consumo de energía eléctrica	2º
	Residuos sólidos y residuos de envases	2º

(*) De 1º en el caso de cercanía a núcleos urbanos.

(**) De 1º en el caso de que no se reintroduzca en etapas anteriores del proceso.

(***) En el caso de que el consumo de CO₂ sea externo, es decir, distinto al producido durante la fermentación.



Operaciones Auxiliares	Efecto	Orden
Preparación de agua de proceso^(*)	Consumo de energía	1º
	Vertidos (pH elevado, CE,...)	1º
	Consumo de productos químicos	2º
Acondicionamiento de envases	Consumo de agua	1º
	Vertidos (pH elevado, SS, DQO,...)	1º
	Consumo de energía	2º
	Consumo de productos químicos	2º
Limpieza de equipos	Consumo de agua	1º
	Vertido (carga orgánica, pH, SS, T ^a)	1º
	Consumo de productos químicos	1º
	Consumo de energía térmica	2º
Limpieza y mantenimiento de instalaciones	Consumo de agua	1º
	Vertidos con elevada carga orgánica, productos de limpieza y desinfección y restos de residuos no orgánicos.	1º
	Residuos sólidos (Restos de envases de vidrio y hojalata, envases usados, residuos peligrosos...)	1º
	Consumo de energía térmica	2º
Recuperación y acondicionamiento de CO₂^(*)	Consumo de energía	2º
	Consumo de agua	2º

(*) En el caso de que la operación se realice en las instalaciones de la empresa.

E. TECNOLOGÍAS MÁS UTILIZADAS. DESCRIPCIÓN DE PROCESOS Y ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS PARA LAS OPERACIONES CONTAMINANTES

En este apartado se analizan las operaciones de cada proceso con un mayor impacto ambiental (clasificadas de 1^{er} o 2º orden y para las que existan alternativas tecnológicas).

Para cada una de ellas se recopilan las alternativas tecnológicas existentes y se describe y evalúa el impacto medio ambiental correspondiente.

A continuación se resumen las operaciones con efectos medioambientales significativos, de las que se han analizado las alternativas tecnológicas existentes.

E.1. RECEPCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE MATERIA PRIMA.

El mayor problema medioambiental que se presenta en la etapa de recepción es la generación de polvo durante la descarga de la malta.

Como alternativa a la descarga en abierto, existen sistemas preparados para realizar la descarga en un recinto cerrado, con aspiración de aire y sistemas de retención de partículas (cyclones y filtros de mangas).

E.2. TRANSPORTE DE LA MALTA.

Durante el transporte de la malta desde los silos de almacenamiento hasta los molinos también puede producirse generación de polvo.

El transporte de la malta se puede realizar con sistemas mecánicos, neumáticos o una combinación de los anteriores.

E.2.1. Sistemas mecánicos

El transporte de la malta con cangilones es el sistema tradicional.

E.2.2. Sistemas neumáticos

El transporte neumático de la malta se realiza en conducciones cerradas. Con este tipo de sistemas se genera menor cantidad de polvo, aunque presentan el inconveniente de que necesitan mayores medidas de seguridad para prevenir las chispas que pueden provocar explosiones. El consumo energético es mayor que en el caso del transporte mecánico.

E.3. MOLIENDA.

En la molienda se pretende separar la cáscaras de la harina. Las cáscaras servirán posteriormente como lecho filtrante para la separación del mosto.

La trituración o molido de la malta se puede realizar de dos formas: Molido en seco o molido en húmedo.

E.3.1. Molido en seco.

Para el molido en seco se utilizan molinos de rodillos, con 2 ó 6 rodillos. Los granos pasan entre los rodillos que giran en sentido contrario, con lo que se rompen y muelen a un tamaño que depende del ajuste de la distancia entre los rodillos. De esta forma se separan también las cáscaras.

Es importante que la malta esté seca para evitar que se peguen partículas a los rodillos. Además el tamaño de los granos debe ser uniforme para conseguir una buena molienda.

El producto de la molienda en seco puede almacenarse durante varias horas antes de su hidratación en el curso de la maceración.

E.3.2. Molido en húmedo.

En algunas factorías se rocía la malta con agua o la someten a la acción del vapor, inmediatamente antes de que entre en el molino. Este tratamiento flexibiliza la cascarilla y la hace más resistente a la trituración. Un tratamiento más severo consiste en humedecer el molino en el que la malta se remoja, hasta elevar su humedad entre un 30-40 %, antes de que los rodillos trituren los granos. El remojado no debe durar más de 30 minutos.

El producto de la molienda húmeda es una papilla de cascarilla y partículas de endospermo que se bombea o vierte directamente a la cuba de extracción.



E.4. MACERACIÓN.

Las condiciones de maceración (temperatura, viscosidad de la papilla, pH y composición del agua) se pueden modificar para variar la cantidad de los compuestos presentes en el mosto y como medio para conseguir la composición correcta del mosto.

Se utilizan tres tipos de sistemas para la conversión y la extracción del mosto: extracción por infusión, decocción o una combinación de las dos anteriores.

E.4.1. Extracción por infusión.

Se aplica tradicionalmente a la producción de cervezas tipo “ale” a partir de maltas bien modificadas. El proceso es técnicamente simple y tanto la sacarificación como la separación del mosto se pueden realizar en el mismo tanque de extracción, aunque en la actualidad se obtiene una mayor operatividad y flexibilidad si se utiliza una cuba de sacarificación y una cuba-filtro separadas.

La sacarificación dura de 0.5 a 2 horas, y a continuación tiene lugar la separación del mosto por un periodo de hasta 18 horas.

La cuba de extracción es de manejo simple ya que no requiere ninguna transferencia de mosto ni agitación. Además en la etapa de sacarificación se consigue un mosto muy brillante y un bagazo bien drenado.

E.4.2. Extracción por decocción.

En la extracción por decocción se emplean dos cubas, la cuba sacarificador y la caldera extractora. La temperatura se eleva sacando una parte de la papilla del tanque sacarificador, hirviéndola en la caldera y devolviéndola al tanque sacarificador que provoca un incremento gradual de la temperatura. La extracción por decocción se utiliza para maltas poco modificadas.

E.5. FILTRADO.

E.5.1. Cuba-filtro.

En las extracciones con temperatura programada y por decocción se emplea normalmente la cuba-filtro que está diseñada para efectuar una filtración de la papilla una vez sacarificada.

Se utilizan cubas de lecho no muy profundo, que proporcionan vaciados en tiempos de 2 a 3 horas con una recuperación del extracto del 98-99%. Para agotar el bagazo se puede añadir agua. Las cubas filtro son flexibles en cuanto a su uso y proporcionan un bagazo con un contenido en humedad del 80%, aproximadamente.

Se han diseñado variantes para combinar una mayor área de filtración con una superficie de instalación más reducida. El tiempo de vaciado se reduce a 1-2 horas con una recuperación de extracto del 98-99 %, aunque el bagazo queda muy húmedo y requiere un escurrido posterior. Estos tanques no resultan adecuados para producir mostos dulces de un peso específico superior a 1,6.

E.5.2. Filtros de mosto.

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

Su construcción es como la de un filtro prensa y consta de unas placas de tejido filtrante alternadas con placas huecas. El tiempo de vaciado es de 1.5 – 2.5 horas con una recuperación de extracto del 99.95%. Este sistema es menos flexible y rinde mostos más turbios que las cubas filtro, aunque se obtiene un bagazo con un contenido en humedad menor, alrededor del 75%.

Una variante moderna, el filtro de mosto de alta presión, soluciona el problema de los mostos turbios y permite una reducción del agua para agotar el bagazo sin pérdidas de extracto. El equipo es muy apropiado para la obtención de mostos de alto peso específico y son económicos en lo que se refiere al consumo de agua.

E.6. COCCIÓN.

La cocción del mosto se puede realizar según tres sistemas:

- Cocción atmosférica
- Cocción a baja presión (0.5 kg/cm² aprox.)
- Cocción a alta presión (3 kg/cm² aprox.)

E.6.1. Cocción atmosférica.

Este tipo de cocción es el tradicionalmente utilizado en España. 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 hierva con el lúpulo durante hora y media a dos horas, con una tasa de evaporación del 6-8 %/hora. Se han utilizado diseños diferentes de calderas, pero todos ellos presentan un consumo de energía relativamente elevados.

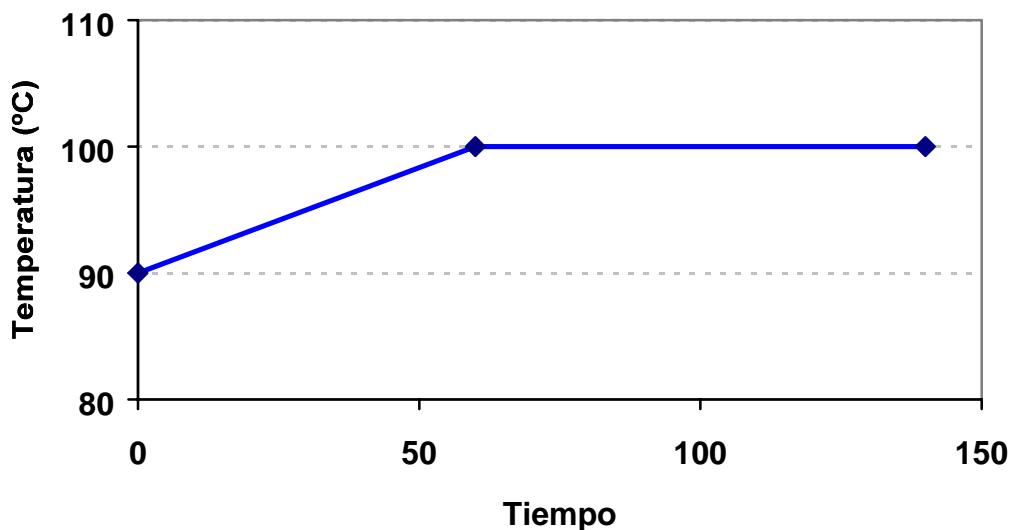


Figura 3.- Diagrama temperatura-tiempo para el sistema de cocción atmosférica (adaptado de S. Duro, 1991)

Un sistema mixto y energéticamente más eficaz consta de un calentador separado (calandria) por el que circula el mosto dulce. La temperatura de trabajo es mayor, 106-



110°C, lo que conlleva una mejor utilización del lúpulo (un 15%) y un tiempo menor de cocción, 0.5-1.5 horas. La agitación la proporciona la circulación a través del calentador externo y se evita la evaporación excesiva.

Se pueden conseguir ahorros adicionales de energía mediante la recuperación del vapor y su utilización como fuente de calor, además de la posible utilización del agua de los condensados.

E.6.2. Cocción a “baja presión”

En los sistemas de cocción a baja presión, el mosto dulce 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.

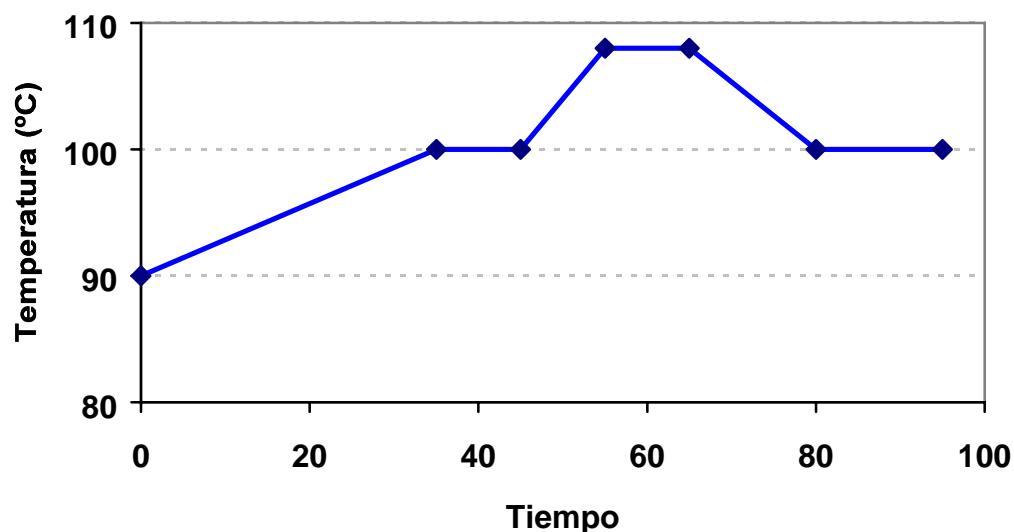


Figura 4.- Diagrama temperatura-tiempo para el sistema de cocción a baja presión (adaptado de S. Duro, 1991)

El sistema se complementa generalmente con la instalación de intercambiadores de calor que permiten recuperar el calor de los vapores de ebullición para precalentar el agua que calentará el mosto a la entrada del sistema, desde aproximadamente 80 °C hasta 96 °C.

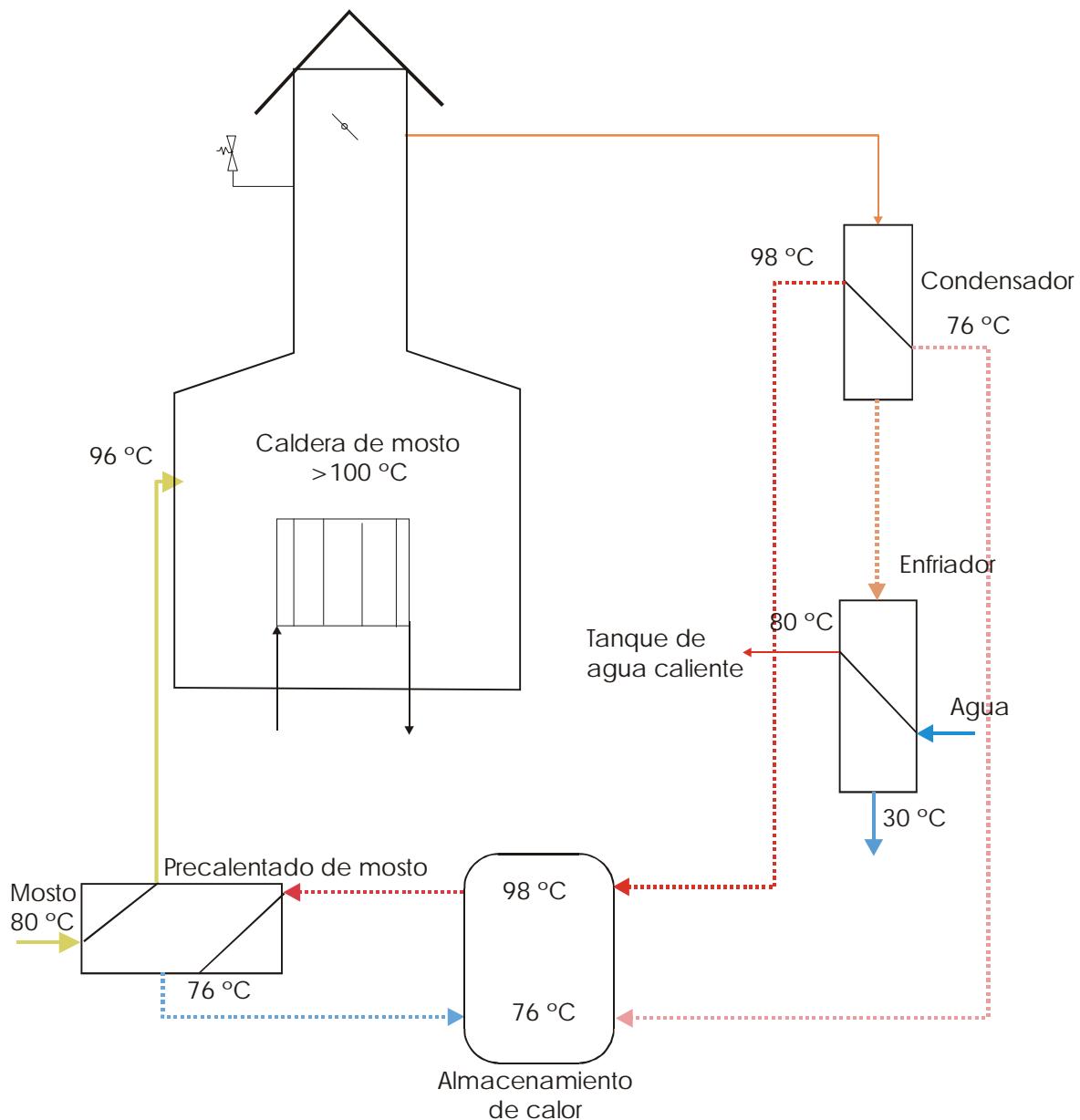


Figura 5.- Recuperación de calor de los vapores de cocción

El sistema a baja presión permite conseguir unos ahorros en vapor del 38% frente a los sistemas atmosféricos

Independientemente del sistema de cocción utilizado, el agua utilizada para refrigerar el mosto a la salida de su clarificación se utiliza para precalentar mosto antes de la cocción, con lo que se consigue un importante ahorro energético.

E.7. CLARIFICACIÓN DEL MOSTO.

El sistema más extendido es el de los tanques Whirpool, en los que el mosto se bombea a alta velocidad a través de una tubería tangencial a la pared del tanque, creando un flujo en el mosto que a medida que va perdiendo velocidad provoca la deposición de los sólidos en suspensión en la parte inferior del separador.

Existen variantes técnicas del diseño básico que optimizan la eliminación de sólidos en suspensión con una mínima pérdida de mosto. Algunos sistemas permiten incluso combinar la caldera de cocción con el separador de ciclón en un único recipiente.

E.8. FERMENTACIÓN.

Los fermentadores cilíndrocónicos son los más extendidos, ya que presentan una serie de ventajas derivadas de su estructura geométrica. Entre estas ventajas se cuentan el elevado volumen útil de fermentación, baja pérdida de cerveza al retirar las levaduras, eficiencia en el control de la temperatura, facilidad de aplicación de CO₂ a presión, facilidad de limpieza y mayor utilización del lúpulo. La extracción de la levadura es más simple ya que sedimenta como una masa compacta en el extremo cónico del fermentador.

Para mantener una temperatura de fermentación adecuada es necesario que los tanques estén provistos de equipos de refrigeración adecuados. Estos pueden ser serpentines tubulares situados en el interior de los fermentadores, o camisas huecas en torno a las paredes por las que se hace circular un fluido refrigerante. El agente refrigerante puede ser agua glicolada, amoniaco o simplemente agua.

E.9. CLARIFICACIÓN DE LA CERVEZA.

Como primer paso para la eliminación de sólidos de la cerveza se puede utilizar un centrífuga que permite eliminar hasta un 99% de la levadura presente. Esta operación solo da buenos rendimientos cuando las levaduras floculan bien.

Posteriormente, la cerveza se hace pasar por filtros de diatomeas o Kieselguhr, que pueden ser de dos tipos: filtros de bujías o filtros de placas.

El consumo de tierra de diatomeas es aprox. 140 gr / Hl de cerveza producida.

E.9.1. Filtro de bujías.

Estos filtros constan de unas bujías en las que se crea una 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 ciclo de trabajo completo de uno de estos filtros es el siguiente:

La cerveza se conduce hacia el filtro y en su camino se dosifican las tierras de diatomeas. El conjunto entra en el cuerpo del filtro (bujías), en las cuales se forma la precapa donde se desarrolla la filtración propiamente dicha. Estos filtros se fabrican con superficies filtrantes de 1 a 100 m² y para caudales de 1.000 a 90.000 l/hora.

El lavado se hace a contracorriente con agua y/o gas a presión, evacuándose los lodos de limpieza en forma pastosa.

E.9.2. Filtros de placas.

La diferencia de estos filtros con respecto a los de bujías radica en que las capas 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.

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 del filtro. En todo caso, hace falta una última limpieza con duchas de agua para eliminar los restos.

El ciclo completo de trabajo de uno de estos filtros, se desarrolla en cuatro fases:

- Formación de la precapa.
- Filtración propiamente dicha.
- Filtración residual.
- Descarga y lavado de filtro.



E.10. ABRILLANTADO/ESTABILIZACIÓN COLOIDAL DE LA CERVEZA

Posteriormente al filtrado se puede realizar el abrillantado para eliminar totalmente los sólidos de la cerveza. Para realizar esta operación se pueden utilizar varios métodos:

- Filtros de cartón
- Microfiltración tangencial

E.10.1. Filtros de cartón.

En este tipo de filtros, las partículas en suspensión quedan atrapadas entre las fibras de celulosa y a medida que el filtro se va saturando es necesario aplicar presiones crecientes para conseguir que la cerveza continúe fluyendo a igual velocidad.

Todo el sistema debe estar sometido a presión para evitar la pérdida de dióxido de carbono.

E.10.2. Microfiltración tangencial

La microfiltración tangencial permite la separación de los sólidos de un diámetro superior al de los orificios de la membrana. Orificios de diámetro $<1 \mu\text{m}$ impiden el paso de las levaduras, si el diámetro es de $0.2 \mu\text{m}$ retienen las bacterias.

Estos filtros sólo son operativo sobre cervezas prácticamente libres de sólidos en suspensión, por lo que se suelen utilizar en procesos continuos a continuación de los otros tipos de filtros.

- Filtros de Silicagel o PVPP para la separación de proteínas y coloides de la cerveza.

E.11. ESTABILIZACIÓN MICROBIOLÓGICA.

Básicamente son dos los sistemas que actualmente se aplican para la estabilización microbiológica de cerveza:

- Estabilización mediante ultrafiltración.
- Estabilización térmica (pasterización)

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

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

E.11.1. Estabilización microbiológica antes de envasado.

E.11.1.1. Pasterizador flash.

La cerveza llega al depósito regulador, desde donde es bombeada al pasterizador de placas 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 pasterizada que cede calor a la primera. Esta sección se puede calcular con unos coeficientes de recuperación energética del 80-95%.

Segunda sección. Es la pasteurización propiamente dicha, donde la cerveza se calienta hasta unos 72°C con agua caliente o vapor al vacío.

Tercera sección. Es la de enfriamiento, donde la cerveza se enfría a 0°C con agua glicolada o salmuera.

En el tubo de mantenimiento la cerveza está a 72°C durante unos treinta segundos. El tratamiento total en el pasterizador lleva sólo unos dos minutos, con lo que las cualidades organolépticas de la cerveza no se ven afectadas.

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

El circuito lleva unas válvulas 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.

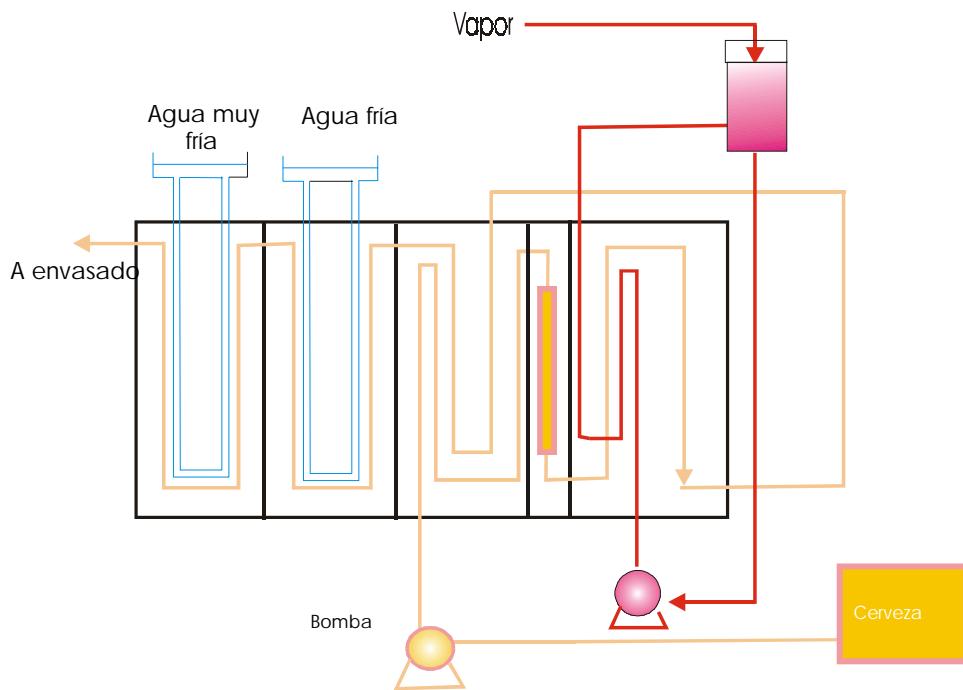


Figura 6.- Pasteurizador flash.

E.11.1.2. Ultrafiltración.

Se trata de una técnica de eliminación de las bacterias sin necesidad de la aplicación de un tratamiento térmico, con las ventajas que ello supone.

La ultrafiltración separa los contaminantes de la cerveza en base a 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 a 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.

E.11.2. Estabilización microbiológica después del envasado.

E.11.2.1. Túneles de pasterización.

Las botellas de cerveza van pasando por diversas secciones dentro del túneles de pasterización, donde se sumergen en agua caliente y agua fría. Cada sección del túnel tiene el agua a diferentes temperaturas para que los saltos térmicos sean graduales. Las botellas son llevadas por transportadores a una velocidad uniforme para que estén el tiempo debido en cada sección.

E.12. LIMPIEZA DE EQUIPOS.

Las operaciones de limpieza poseen una tecnología propia y cuentan con una gestión independiente.

La determinación de los puntos críticos de contaminación dentro del proceso y una buena programación son fundamentales desde el punto de vista medioambiental, no solo debido a que en esta operación se producen unos consumos de agua, energía y productos de limpieza muy elevados, sino porque una limpieza inadecuada puede acarrear que cantidades importantes de materia prima se contaminen y se conviertan automáticamente en residuo.

Existen dos grandes sistemas de limpieza: La manual y la limpieza CIP:

E.12.1. Limpieza manual

Es un sistema que cada día es menos utilizado, la mano de obra es cara y la limpieza manual no siempre es fiable. Por otra parte el uso manual de los productos de limpieza generalmente supone un consumo excesivo de los mismos.

E.12.2. Limpieza C.I.P.

El sistema C.I.P (Cleaning in place), consiste en hacer circular secuencialmente por el interior de tuberías y equipos las diferentes soluciones de limpieza desde sus correspondientes depósitos de almacenamiento. Este sistema puede ser parcial o totalmente automatizado. Se consigue así optimizar los consumos de agua, energía y productos de limpieza necesarios para realizar la operación.

La limpieza de los tanques se realiza también con sistemas C.I.P. equipados con cabezas aspersoras (alcachofas) y chorros rotatorios de alta presión. Estos sistemas permiten programar de apertura y cierre de válvulas y bombas del sistema, así como la recirculación de las diferentes soluciones de limpieza.

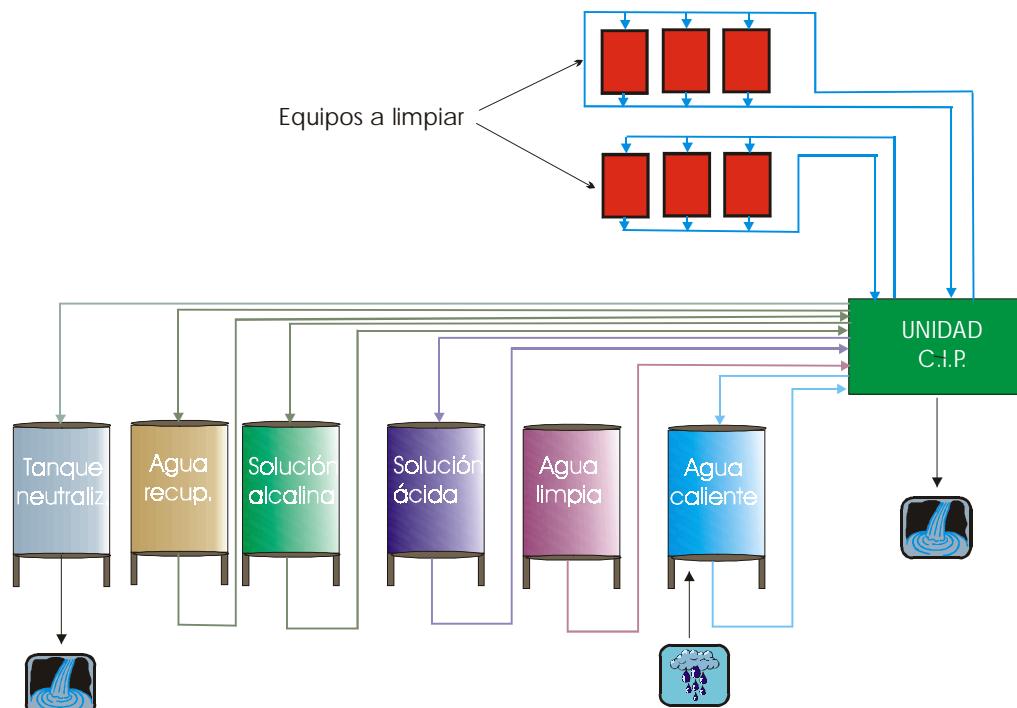


Figura 7.- Sistema de limpieza C.I.P.

E.13. LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES.

La limpieza de instalaciones es una garantía del mantenimiento de la higiene dentro de la industria cervecera.

Tradicionalmente las operaciones de limpieza se realizaban manualmente. Actualmente se dispone de sistemas de aplicación para la limpieza integral de superficies abiertas.

Las operaciones de enjuague, se realizan con equipos de proyección a baja presión. A partir de una estación principal de bombeo, se suministra la presión necesaria a una serie de estaciones satélite a partir de las cuales se realizan las operaciones de limpieza por toda la zona de producción.

Estos equipos permiten una minimización del consumo de productos y energía. Aumenta la calidad del lavado ya que la concentración del producto es siempre la adecuada, y se minimiza el consumo de productos químicos frente a las aplicaciones manuales.

Además de la limpieza se realiza el mantenimiento de las instalaciones para asegurar el correcto funcionamiento de los equipos. En las operaciones de mantenimiento se genera una gran cantidad de residuos principalmente residuos de envases, chatarras, residuos peligrosos. Estos residuos deberán gestionarse de forma adecuada.

E.14. TRATAMIENTO DEL AGUA PARA EL PROCESO.

E.14.1. Desionización.

Según la composición del agua de entrada, la calidad final deseada y los puntos de vista económicos se pueden emplear los siguientes sistemas:

E.14.1.1. Intercambiadores de iones.

El sistema consiste en extraer los aniones y cationes del agua de entrada mediante su adsorción en las columnas de intercambio iónico correspondiente.

Desde el punto de vista técnico, son equipos que requieren poca superficie, fácilmente automatizables y versátiles en cuanto a tipo de aguas a tratar y calidades finales del agua. Tiene unos gastos de mantenimiento elevados debido al consumo de productos químicos para la regeneración, aunque las resinas tienen un tiempo de vida largo y buena capacidad de regeneración.

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.

A. Resinas de intercambio catiónico débilmente ácidas.

Estas resinas intercambian los iones de calcio y magnesio del agua por sodio, resultando una cantidad de ácido carbónico equivalente a la de dureza inicial de carbonato. Estas resinas no son operativas para valores de pH inferiores a 7, y en aguas “sodio alcalinas” dan resultados pobres ya que sólo pueden desplazar el ácido carbónico de sus sales.

B. Resinas de intercambio catiónico muy ácidas.

Con estas resinas, se intercambian todos los cationes por iones de hidrógeno. Consecuentemente se elimina tanto la dureza carbónica como la no carbónica, y el agua después del tratamiento contiene los ácidos minerales libres, además del ácido carbónico. El ácido carbónico se elimina por medios físicos, mientras que los ácidos minerales deberán neutralizarse.

C. Resinas de intercambio aniónico.

Este proceso se recomienda en caso de concentraciones altas de aniones no deseados, como por ejemplo, nitratos y cloruros.

La eliminación de nitratos en la fabricación de la cerveza será siempre necesaria si la suma del nitrato del agua y del nitrato aportado por el lúpulo y la malta, (a través del suelo abonado con fertilizantes), es superior al valor límite permitido por la ley.

La combinación de intercambiadores catiónicos/aniónicos permiten obtener agua desmineralizada.

E.14.1.2. Osmosis 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, obteniéndose un 70% de permeado.

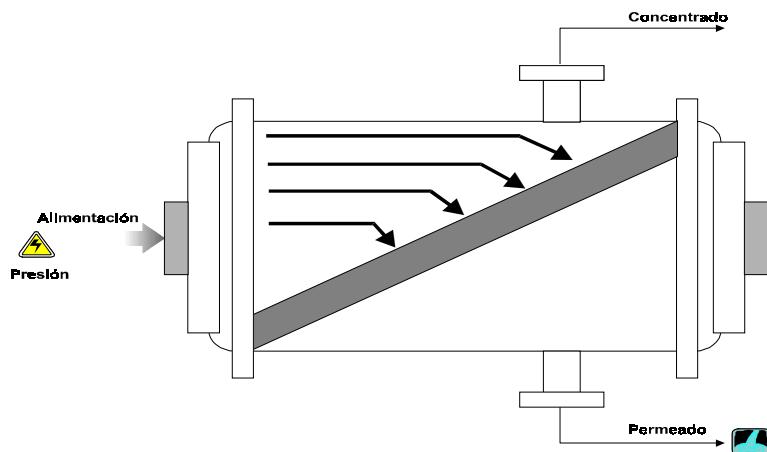


Figura 8.- Sistema de ósmosis inversa.

E.14.1.3. Electrodiálisis.

La electrodiálisis es un sistema de separación de iones que utiliza membranas selectivas y que funciona al aplicar una diferencia de potencial a ambos lados de las mismas. Los cationes y aniones del agua son atraídos hacia cada una de las membranas por la acción de un campo eléctrico generado por una corriente eléctrica directa.

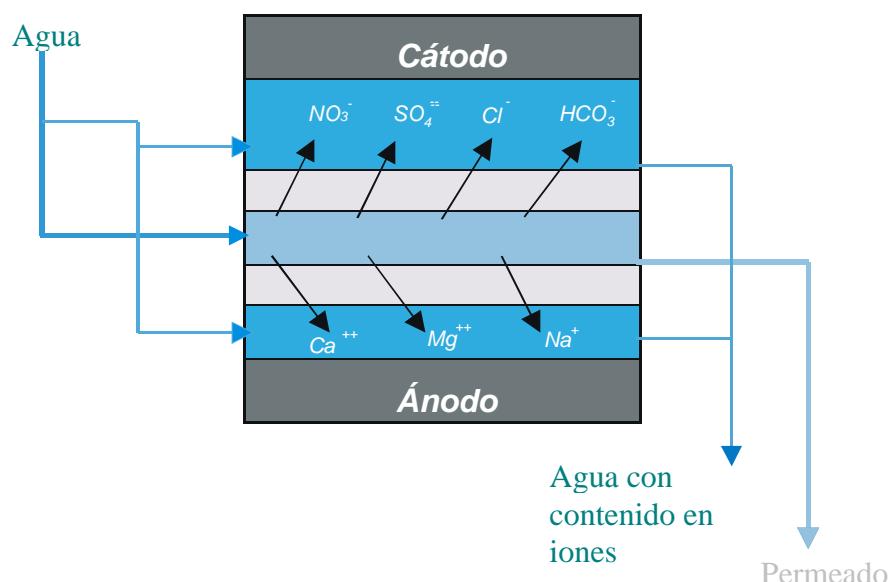


Figura 9.- Esquema de funcionamiento del sistema de Electrodiálisis.



La electrodiálisis resulta muy efectiva para aguas con una salinidad superior a 2.000 ppm.

En la electrodiálisis se consigue un 75 – 80% de permeado, mientras que el rechazo supone entre el 20 – 25%.

El consumo de energía es función de la cantidad de sólidos disueltos totales que haya en el agua de entrada, tal como se muestra en el siguiente gráfico.

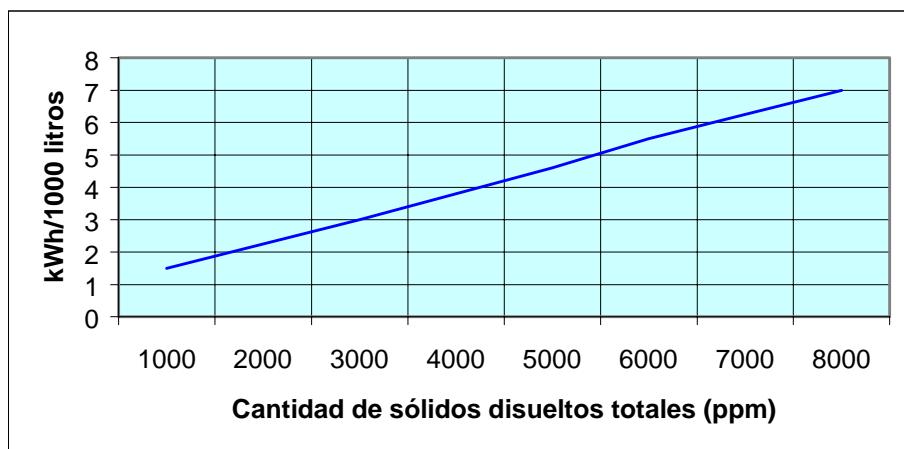


Figura 10.- Consumo de energía requerido en la electrodiálisis en función de la cantidad de sólidos disueltos.

F. FACTORES A CONSIDERAR EN LA DETERMINACIÓN DE MTD'S.

METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE TECNOLOGÍAS.

En este capítulo se describe la metodología y los factores de evaluación de las tecnologías subsectoriales desde el punto de vista del impacto ambiental (directo o indirecto) del que son responsables, con el fin último de conseguir delimitar cuáles de ellas pueden considerarse como mejores tecnologías disponibles según lo establecido en la Directiva IPPC 96/61/CE. Desde este punto de vista, se realiza un primer cribado que permita concentrar nuestra atención en aquellas operaciones del proceso verdaderamente responsables del impacto producido por el conjunto.

Este cribado se realiza mediante la clasificación de cada una de las operaciones básicas de cada proceso productivo según el impacto medio ambiental producido sea de 1^{er} orden, de 2º orden o no significativo.

Debido a lo anterior, se identifican alternativas tecnológicas para las operaciones con impacto medio ambiental de 1^{er} orden o de 2º orden.

F.1. METODOLOGÍA.

La metodología propuesta supone un método sistematizable para la evaluación integrada de la contaminación producida por las tecnologías de proceso utilizadas en estos momentos por los diferentes subsectores agroalimentarios. Por tanto, se centra en el análisis del proceso de fabricación y no pretende ser un estudio sobre las medidas correctoras aplicables a cada subsector o sobre los costes ambientales de las mismas.

Las Mejores Tecnologías Disponibles deben de hacer referencia al origen mismo de la contaminación industrial, es decir, a las alternativas de proceso existentes para realizar una misma operación generando un producto final de calidad aceptable en el mercado. Sin embargo, habrá que tener en cuenta que muchas veces la utilización de las MTD's no será suficiente por si solas para salvaguardar el medio ambiente y que, por tanto, las medidas correctoras de depuración siguen siendo necesarias para cumplir los niveles máximos de carga contaminante permitidos por la legislación medioambiental aplicable.



Los “items” o factores que deben tenerse en consideración a la hora de analizar la bondad medioambiental de una tecnología, y que fueron validadas en su momento por las mesas de trabajo correspondientes se presentan en la siguiente tabla

Como puede apreciarse en estas tablas, no sólo deben considerarse aspectos medioambientales a la hora de comparar tecnologías, sino que deben tenerse en cuenta aspectos de calidad de producto y de costes, tal como se establece en la propia definición de MTD's recogida en la Directiva IPPC. Dentro del término viable no es razonable considerar aquellas tecnologías que teniendo un impacto medioambiental mínimo no consiguen una calidad de producto final exigida por el mercado actual. Debemos de distinguir aquellas tecnologías que estando totalmente desarrolladas en el sector, consiguen minimizar el impacto manteniendo la calidad del producto final a un coste de mercado. Por eso partimos del análisis de las tecnologías más utilizadas, ya que son estas las que reúnen estas dos premisas.

En la siguiente página se detalla cada una de estas tablas de items:



<i>Nº</i>	<i>Items de evaluación de BAT</i>	<i>Unidades de Cuantificación</i>	<i>Observaciones</i>
1	Consumo de Recursos		
1.1	Materias Primas	Kg Mat prim./Hl Producto transformado	
1.2	Materias Auxiliares	Kg Mat Aux./Hl Producto transformado	
1.3	Agua	m ³ Agua consumida/Hl de producto transformado	Aspecto muy importante en este tipo de industrias
1.4	Energía eléctrica	Kwh/Hlde producto transformado	
1.5	Energía Térmica	Termias/Kg de producto transformado BTUs/Kg de producto transformado Kcal.h/Hl de producto transformado	Aspecto muy importante en este tipo de industrias
2	Emisiones y Residuos		
2.1	Residuos Sólidos	Kg de Residuo tipo/Kg de materia prima procesada Kg de Residuo / Hl producto envasado	Aspecto importante en este tipo de industrias
2.2	Aguas Residuales	Caudal (m ³ / m ³ de producto transformado) Carga contaminante (Kg DQO o DBO5/Kg materia prima procesada) Toxicidad del influente (Unidades de Toxicidad, Equitox/m ³ o EC50)	Aspecto fundamental dentro del grupo de emisiones y residuos
2.3	Emisiones Gaseosas	Partículas sedimentables inmisión mg/m ² kg CO2/ Hl de producto transformado	Aspecto importante en este tipo de industrias
2.4	Nivel Sonoro	Alto, Moderado o Bajo (según legislación)	
2.5	Olores	Alto, Moderado o Bajo	
3	Calidad del Producto Final		
	Producto Principal	Aceptable	Se valora la calidad del producto respecto al estándar de mercado
	Subproductos	Aceptable	
4	Experiencia acumulada		
	Años de utilización en el sector	Años	Se considera la tecnología evaluada, no la operación en sí misma
	Extensión en su utilización en el sector	Generalizada o Puntual	Se referirá al sector industrial en nuestro país
	Posibilidad de Sustitución	Alta, Media o Ninguna	Se intenta reflejar si es una tecnología obsoleta o sigue todavía comercializándose. Importante para plantas existentes.
5	Estudio de Costes		
	Costes de Inversión	Ptas/Unidad de producción	Se referirán a una capacidad de procesado intermedia para cada tecnología de las empresas afectadas.
	Costes de Personal asociado	Horas hombre/Unidad de producción Cualificación específica	Reflejar el personal asociado a cada tecnología.

El estudio del impacto global de una tecnología no resulta simple debido a las dependencias existentes entre algunos de los “items” de valoración. Por ejemplo, en operaciones en las que el consumo de agua es un efecto de primer orden, una mejor tecnología disponible sería aquella que optimizara el consumo de agua en la operación. Sin embargo, en los casos en los que el agua entra en contacto directo con el producto (lavados, etc.), un menor consumo de agua por unidad de producto se corresponde con un incremento en los parámetros que definen la contaminación del agua residual resultante (DQO, CE, SS), planteándose por tanto un problema de valoración.

Dada la frecuencia con la que esta situación se produce, consideramos importante resaltar dos aspectos que se han tenido en cuenta a la hora de realizar la evaluación en estos casos:

En nuestras condiciones, debería resultar prioritario minimizar el consumo de un bien tan escaso como el agua

Generalmente es económica y técnicamente más viable depurar pequeños volúmenes de agua con elevada carga contaminante que elevados caudales con poca carga.

Por tanto, a igualdad de otros factores, consideraremos como MTD la tecnología que presente menores consumos de agua y energía, siempre que vaya asociada con un sistema de tratamiento que reduzca los niveles de carga orgánica del vertido final.

En operaciones donde el consumo de energía para calentamiento de la materia prima (escaldado, esterilización, pasterización, pelado) o de agua de enfriado es importante, se consideran relevantes aquellos sistemas que permiten la optimización del consumo energético y la recirculación de las aguas de enfriado.

Durante la fase de evaluación de alternativas nos hemos encontrado con tres casuísticas:

- a) Aquellas alternativas tecnologías que destacan por la minimización **integral** de la contaminación producida o por aumentar innecesariamente el impacto medio ambiental sobre el medio, con respecto a las alternativas existentes.
- b) Aquellas alternativas tecnológicas que no destacan por la minimización o incremento innecesario de la contaminación producida, sino que realizándola de manera diferente sobre los diferentes medios (medio hídrico, suelo y/o atmósfera), pueden considerarse aceptables si sobre ellas se establecen las medidas de control suficientes.

- c) Aquellas tecnologías que a pesar de tener un impacto ambiental acusado, no pueden ser excluidas ya que constituyen la única alternativa tecnológica existente en la actualidad para el procesado de un cierto tipo de materia prima, o la única capaz de asegurar los niveles de calidad y/o costes de producción compatibles con el actual sistema de mercado. En estos casos, solo se considerará como tecnología aceptable cuando se articulen los sistemas que permitan asegurar el funcionamiento óptimo de la operación, la minimización de los efectos ambientales principales y lleve asociado los sistemas de control para corregir los impactos producidos.

Un simple análisis comparativo de los datos disponibles acerca de su funcionamiento y su forma de originar impacto, así como los datos cuantificados disponibles acerca del nivel de contaminación producido frente al de las demás alternativas, las identificará como mejores tecnologías disponibles (MTD's) o “peores” tecnologías disponibles.

Conviene, sin embargo, profundizar más sobre la manera de clasificar como MTD's aquellas tecnologías que sin tener una clara distinción sobre el resto por su bondad medioambiental, puedan considerarse como mejores tecnologías disponibles siempre que su nivel de optimización y control sea máximo. Por tanto, se trata de establecer las condiciones de operación bajo las cuales este tipo de tecnologías pueden estar incluidas dentro de este grupo de MTD's.

Consideramos como medidas de control aquellas que permitan entre otras cosas:

- La optimización de los consumos en la operación (agua, materias auxiliares, energía)
- Automatización y control de la operación
- Recirculaciones de agua y recuperaciones de energía
- Adecuados aislamientos térmicos
- Implantación de buenas prácticas de gestión

La metodología propuesta se basa por tanto en un análisis semi-cuantitativo de las tecnologías disponibles más utilizadas. Se recopilan los datos existentes sobre cada una de



ellas, pero sin caer en la relatividad de un análisis cuantitativo (que necesitaría información homogénea y comparable de cada una de las tecnologías, inexistente en la mayoría de los casos y muy difícil de conseguir). Hay que tener en cuenta que no hay dos procesos que se desarrollen exactamente igual dentro de un mismo subsector agroalimentario.

Por este motivo, se propone la realización de una evaluación descriptiva que intente identificar aquellas técnicas que claramente suponen ahorros medioambientales frente a sus alternativas tecnológicas, considerando también en dicha evaluación el grado de control de los parámetros de funcionamiento o la necesidad de que lleven asociadas sistemas de corrección del impacto producido.

G. -MEJORES TÉCNICAS DISPONIBLES

En este apartado se pretende determinar las Mejores Técnicas Disponibles en aquellas operaciones más relevantes desde el punto de vista medioambiental. Sin embargo, siguiendo la definición de MTD's contemplada en la Directiva IPPC, también se ha tenido en cuenta otros aspectos como calidad de producto, viabilidad técnica y económica, etc.

Algunas de estas operaciones dentro de los procesos productivos estudiados son muy parecidas entre sí, tanto desde el punto de vista técnico como de manejo (limpieza de equipos y superficies).

G.1. RECEPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA.

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 depositada 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.

 *La MTD en esta operación es realizar la descarga de la malta en un recinto cerrado que cuente con un sistema de aspiración del aire interior y de retención de partículas para evitar las emisiones de polvo. En todos los casos, deberán considerarse los elementos de seguridad para evitar el riesgo de explosiones.*

G.2. TRANSPORTE DE LA MALTA.

Para el transporte de la malta se considera Mejor Técnica Disponible aquel sistema de transporte que minimice la generación de polvo y partículas. A este respecto, tanto el sistema neumático como el mecánico cerrado pueden considerarse MTD.

El transporte neumático no genera prácticamente polvo, es autolimpiable y tiene menores costes de inversión y mantenimiento que el transporte mecánico. Sin embargo, presentan un mayor riesgo de explosión debido a las cargas estáticas que se producen durante el transporte de la malta. En los sistemas neumáticos es preciso por tanto establecer sistemas de seguridad más rigurosos que en el caso del transporte mecánico (eliminación de polvo y partículas, conexión a tierra de las tuberías, detectores de chispas,...).

☞ *Independientemente del sistema de transporte utilizado, es MTD la recogida en seco de la malta y polvo de malta, y su reutilización dentro del proceso productivo, siempre que conserve las características higiénicas y de calidad.*



G.3. FILTRACIÓN DEL MOSTO.

La mayor parte de las industrias disponen de cubas-filtro para realizar la filtración, elección generalmente condicionada a las características de flexibilidad, calidad del mosto, automatización, etc.

Los dos sistemas de filtración presentan unas características medioambientales generales similares. Mientras el filtro prensa genera unos residuos sólidos con un menor grado de humedad, presenta unos rendimientos de extracción de mosto algo menores.

En la siguiente tabla se presenta una comparación de ambas técnicas:

Item de evaluación	Cuba filtro	Filtro prensa
Rendimiento de extracción	98-99	>99
Humedad de los bagazos	80 %	75 %
Facilidad de limpieza	Sencilla	Más complicado
Costes	Inversión	
	Mantenimiento	0.1 del coste de inversión
Candidatas a MTD	Inst. existentes	Sí
	Inst nuevas	Sí

☞ *En este caso en el que ambas tecnologías son similares desde el punto de vista medioambiental, las dos se consideran como MTD's siendo válidas tanto para instalaciones ya existentes como para nuevas instalaciones.*

G.4. COCCIÓN.

El principal efecto medioambiental de esta operación es el consumo de energía térmica, (aproximadamente el 40 % del total de la instalación) seguido de la emisión de vapor de agua y olores a la atmósfera. De esta manera, la Mejor Técnica Disponible en esta operación debe ser aquella que permita reducir globalmente estos efectos.

Los sistemas de cocción a baja presión son más eficientes energéticamente que los atmosféricos, sin que ello repercuta en la calidad del mosto (F.J. Sanz, 1991), y permiten la recuperación de los vahos de cocción, aprovechando su calor para incrementar la temperatura del mosto de entrada. Con la condensación de dichos vahos se consigue además reducir las emisiones a la atmósfera de vapor de agua y de compuestos orgánicos volátiles, alguno de los cuales son los causantes de los olores típicos de la cocción.

Las aguas de condensación tienen una DQO muy variable (150 – 6600 mg/l), un pH entre 4.4 – 6.5 y compuestos en disolución que no permiten su reutilización directa en el proceso, aunque sí que pueden ser utilizadas para otros usos como limpiezas de exteriores, limpieza de tanques, riego, etc. En caso de que su calidad no lo permita, dichos usos deberán dirigirse a la EDAR de la empresa.

En la cocción atmosférica, se pierde como vapor de agua aproximadamente el 10% del volumen del mosto, aunque es posible instalar sistemas de recuperación de vahos o deflectores en chimenea que permiten reducir el consumo de energía y las pérdidas de agua.

Tal como se comenta posteriormente, muchas instalaciones generan suficiente agua caliente durante la fase de enfriamiento del mosto para cubrir sus necesidades, por lo que parte del calor recuperado de los vahos puede que no tenga un uso directo en el propio proceso.

Los sistemas de recompresión (mecánica o térmica) de vapor permiten obtener rendimientos similares a los sistemas de cocción a baja presión con acumulación de energía, aunque con unos costes de inversión mucho mayores.



En la tabla siguiente se comparan ambas alternativas

Item de evaluación	Cocción	
	Atmosférica	A baja presión con acumulación de energía
Consumo aprox. de vapor (Kcal/Kg mosto)	85.2	52.6
Consumo eléctrico		80 kWh/cocción superior
Presión en caldera	Atmosférica	0.5 kg/cm ²
Temperatura máxima (°C)	100	106
Duración aprox. de la cocción (min.)	90 - 100	<90
Emisión de vahos a la atmósfera	10 % del mosto	6 % del mosto
Recuperación de energía	-	Hasta el 95%
Calidad del mosto	Buena	Buena
Costes	Inversión	
	Mantenimiento	0.1 del coste de inversión
Candidatas a MTD	Inst. existentes	Sí ^(*)
	Inst nuevas	No
		Sí

(*) Siempre que dispongan de sistemas de recuperación de vahos o deflectores en chimeneas

 *La Mejor Técnica Disponible en esta operación será aquella que disminuya el consumo de energía térmica y la emisión de vapor de agua y olores a la atmósfera. Desde este punto de vista los sistemas de cocción a baja presión con acumulación de energía permiten un menor consumo de energía y una disminución en la emisión de vahos. Para instalaciones existentes, los sistemas de cocción a presión atmosférica se consideran MTD's siempre que dispongan de recuperación de vahos o deflectores en chimeneas.*



G.5. CLARIFICACIÓN DEL MOSTO.

El turbio caliente que se obtiene en el tanque Whirpool (masa con proteínas de alto peso molecular) tiene una elevada carga orgánica (110.000 mg/kg de DBO aprox.) y no debe ser vertido junto con las aguas residuales.

☞ *La mejor técnica disponible consiste en la reintroducción de dicho turbio en la fase de filtrado, de forma que los sólidos queden retenidos junto con el bagazo y se pueda recuperar el mosto que contiene.*

G.6. FERMENTACIÓN.

Los principales efectos medioambientales de esta operación son:

- Consumo energético (electricidad)
- Emisión de CO₂ a la atmósfera
- Retirada de levaduras
- Limpieza de tanques

A continuación se analizarán las diferentes alternativas existentes para reducir estos efectos.

G.6.1. Consumo energético

La refrigeración de los tanques de fermentación se puede realizar mediante:

G.6.1.1. Sistema de refrigeración directo

Consiste en provocar la expansión del gas refrigerante (generalmente amoniaco) en una cámara cerrada concéntrica al tanque, realizando su compresión en un equipo exterior.

La eficiencia térmica de este sistema es muy elevada aunque conlleva mayores riesgos de fugas del gas refrigerante y mayor dificultad de detección de dichas fugas.

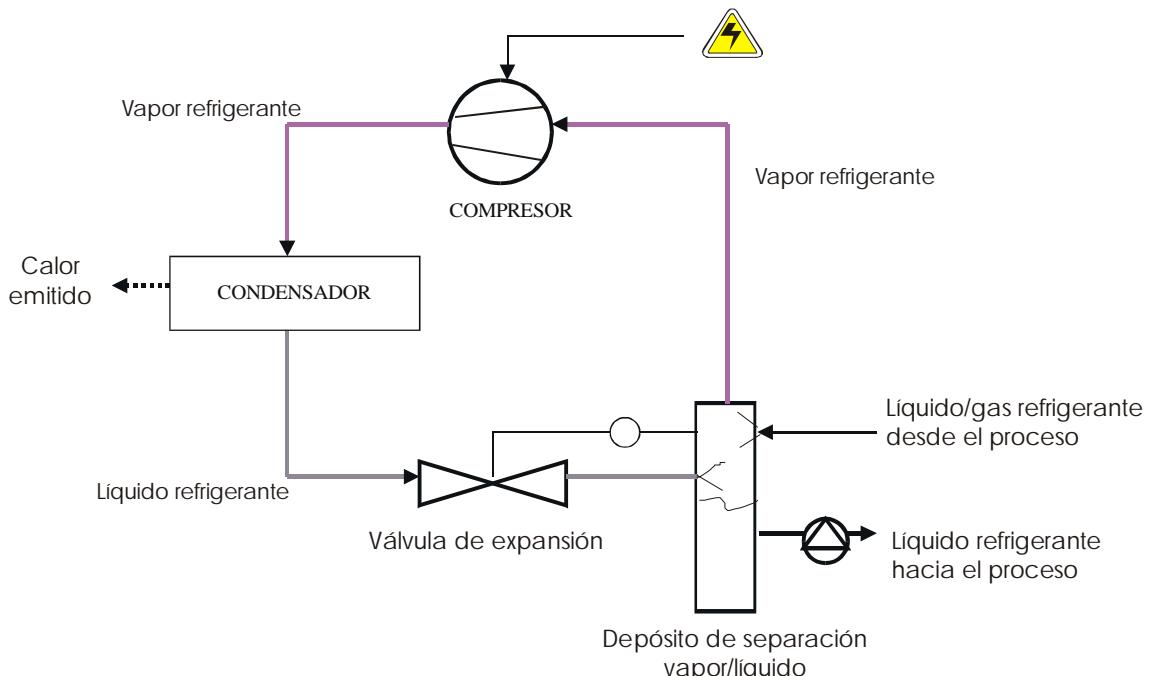


Figura 11.- Diagrama típico de un sistema de refrigeración directo (adaptado de: Brewery Utilities, 1997)

G.6.1.2. Sistema indirecto

Con los sistemas indirectos, el líquido que refrigerara los tanques (generalmente agua glicolada) se enfriaría en un equipo centralizado en el que se producen las expansiones y compresiones del gas refrigerante.

A pesar de que este sistema es menos eficiente energéticamente, presenta mucho menor riesgo de pérdidas de gas refrigerante a la atmósfera y mayor facilidad de detección de fugas.

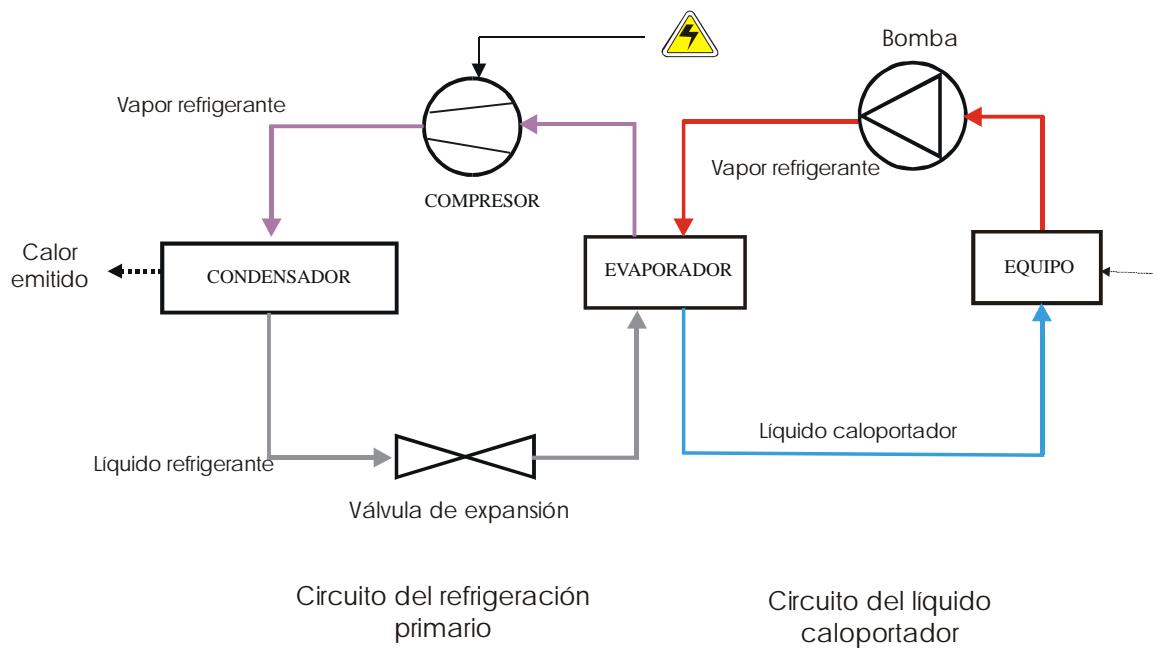


Figura 12.- Diagrama típico de un sistema de refrigeración indirecto (adaptado de: Brewery Utilities, 1997)

En la siguiente tabla se comparan los dos sistemas de refrigeración :

Item de evaluación	Sistema de refrigeración	
	Directo	Indirecto
Eficiencia energética (*)	Mayor	Menor
Riesgo de fugas de líquido refrigerante	Mayor	Menor
Facilidad de detección de fugas	Menor	Mayor
Costes	Inversión Mantenimiento	Favorable para cervecerías grandes Favorable para cervecerías pequeñas
Candidatas a MTD	Inst. existentes Inst nuevas	Sí Sí

(*) ver gráfico anexo

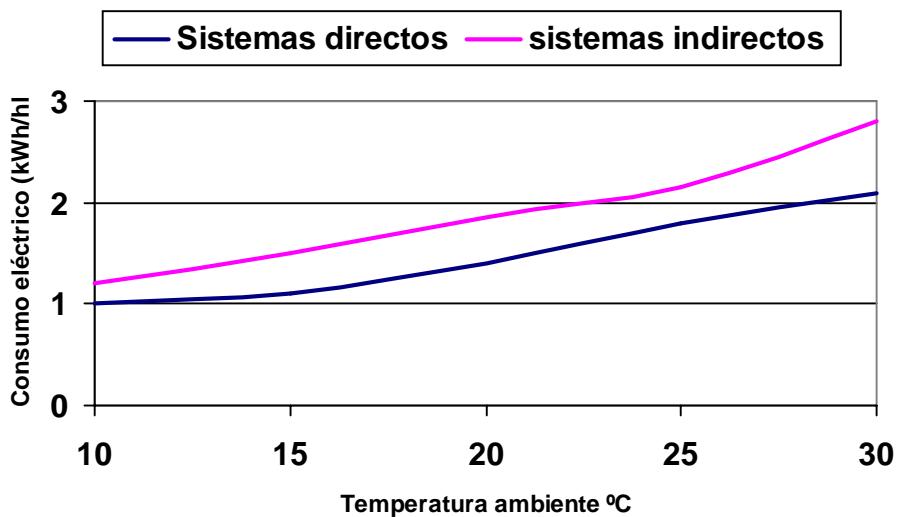


Figura 13.- Consumo eléctrico en los sistemas de refrigeración directos e indirectos en función de la temperatura ambiente (adaptado de Brewery Utilities, 1997)

☞ *Tanto los sistemas de refrigeración directos como indirectos se consideran MTD's siempre que estén optimizados desde el punto de vista energético y dispongan de un sistema que asegure la detección de fugas del líquido refrigerante.*

G.6.2. Emisión de CO₂

Durante el proceso de fermentación se produce anhídrido carbónico (3.2-3.5 kg CO₂/hl). Una parte del CO₂ generado puede recuperarse para su uso en la cervecería (aprox. 65 %), aunque otra parte se desprende.

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.

Se considera MTD la recuperación del CO₂ y su reutilización dentro del proceso productivo. A parte de las ventajas medioambientales de esta técnica (reducción del CO₂ total emitido por la actividad, 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

En la siguiente tabla se evalúa la recuperación del CO₂ generado durante la fermentación.

Item de evaluación	Recuperación de CO ₂	No recuperación de CO ₂
Recuperación (kg CO ₂ /hl cerveza)	<2.5	-
Emisión atmosférica CO ₂ (kg CO ₂ /hl cerveza)	0.8-1	3.2-3.5
Consumo de CO ₂ para el proceso (kg CO ₂ /hl cerveza)	-	1.7-2.2
Candidatas a MTD	Inst. existentes	Sí
	Inst nuevas	Sí
		No

Es importante mencionar que a pesar de la recuperación del CO₂ y su reutilización en el proceso alrededor del 90% se emite a la atmósfera. Sin embargo la mejora medioambiental de la recuperación del CO₂ generado durante la fermentación viene dada por el ahorro en el consumo de carbónico de origen externo y por tanto una disminución de la producción global del mismo.

☞ *La recuperación del CO₂ generado durante la fermentación se considera MTD's frente a la emisión de este gas a la atmósfera y el consumo de carbónico de otro origen.*



G.6.3. Limpieza de tanques.

Las operaciones de fermentación y guarda se pueden realizar en un mismo tanque o en tanques separados.

Se considera MTD utilizar un mismo tanque para realizar ambas operaciones, ya que presenta varias ventajas de carácter medioambiental:

- menor número de limpieza de tanques y por tanto reducir el consumo de agua y productos de limpieza, así como el volumen de aguas residuales derivado de dicha limpieza.
- menor consumo de energía, ya que hay que realizar un menor número de trasiegos.
- menores pérdidas de cerveza

Esta técnica se considera siempre que no sea incompatible con la obtención de cerveza de una determinada calidad

Como inconvenientes de esta técnica se pueden citar:

- Aunque se necesita un menor volumen total de depósitos, el aprovechamiento de éstos es menor ya que tras la separación de levaduras queda un espacio vacío en el depósito durante la guarda.
- Algunos expertos han indicado la influencia que sobre la calidad de la cerveza tiene realizar ambas operaciones en un mismo tanque.

 *La utilización de un mismo tanque para la realización de las operaciones de fermentación y guarda siempre que la calidad de la cerveza no se vea afectada.*



G.7. SEPARACIÓN DE LEVADURAS.

Durante la fermentación se produce una cantidad de levaduras cuatro veces superior a la cantidad introducida (en las tipo lager 0.27 - 0.36 kg/l de cerveza) 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 cilíndrocónicos 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.

Al retirar estas levaduras 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 medioambiental la recuperación y reintroducción en el proceso de la cerveza contenida en las levaduras retiradas, es la opción más adecuada ya que por una parte permite obtener un subproducto con un menor grado de humedad (inicialmente ronda el 97%) y por tanto más fácilmente valorizable. Y por otra parte recuperamos una cantidad importante de producto que puede volver a introducirse en el proceso.

G.7.1. Recuperación de la cerveza contenida en la levadura.

Existen varias alternativas para recuperar la cerveza de las levaduras:

G.7.1.1. Filtración de Flujo Tangencial.

Permite obtener una cerveza recuperada libre de levadura, de alta calidad y con valores de O₂ muy bajos. Es un tipo de filtración que no precisa materiales auxiliares tales como tierra de infusorios o perlitas, no genera más residuo que el derivado del cambio de las membranas y permite obtener levadura libre de residuos de filtración (estas levaduras tienen un mayor valor añadido para la industria de producción de alimentos o la farmacéutica). En cuanto a su funcionamiento, el equipo permite trabajar en continuo.

Entre sus desventajas se encuentra un mayor consumo energético, y un elevado coste de inversión (alrededor de 100 millones de pesetas).

G.7.1.2. Sistemas tradicionales.

Para la recuperación de la cerveza contenida en los fangos de levadura se pueden utilizar las siguientes técnicas

- Filtros de placas o prensa
- Centrifugación.
- Filtros rotativos de vacío.

Comparándolos con el sistema FFT, estos sistemas tienen en general: menor eficiencia de recuperación de cerveza, menor calidad de cerveza recuperada, mayor consumo de materias auxiliares y mayor generación de residuos.



		FFT	Sistemas tradicionales	
			Centrifugación	Filtros de vacío
% recuperación de cerveza		50 - 60% de la cerveza		
Calidad de la levadura		Muy alta (sin restos de mat. Filtrante)	Alto contenido en cerveza residual	Mezclada con restos mat. filtrante (como perlita)
Calidad de la cerveza recuperada		Muy buena, queda libre de levaduras	mayor contenido en levaduras	
Generación de residuos		Sustitución de membranas (5 – 8 años)	No	Residuos del material filtrante
Costes	Inversión	100 millones		
	Mantenimiento	Menor	Mayor	
Candidatas para MTD's	Inst. nuevas	SI	NO	NO
	Inst. existentes	Sí	SI	SI

☞ *Como Mejor Técnica disponible para esta operación se considera la retirada máxima de la levadura antes de realizar la limpieza de los tanques y la recuperación de la cerveza contenida en las levaduras retiradas.*

☞ *Para instalaciones nuevas la filtración de flujo tangencial es la que presenta una mayor eficiencia en la recuperación de levadura y una mayor calidad de la cerveza recuperada.*

G.8. ESTABILIZACIÓN MICROBIOLÓGICA ANTES DEL ENVASADO.

Tal como se describe en el Apartado E, la estabilización microbiológica de la cerveza se puede realizar antes o después del envasado, lo que condiciona las tecnología a utilizar.

Los principales efectos medioambientales de esta operación son el consumo energético (energía térmica en el caso de pasterización y eléctrica en el caso de microfiltración), el consumo de agua y la generación de aguas residuales en el caso de los tratamientos térmicos.

G.8.1. Microfiltración

La estabilización microbiológica de la cerveza por filtración tiene las siguientes ventajas:

- La cerveza se obtiene con mayor calidad, ya que no sufre ningún tratamiento térmico.
- Menor consumo de agua que en el caso de pasterización.
- El consumo energético es menor

Como desventaja presenta que necesita un personal cualificado para manejar dicho equipo.

G.8.2. Pasterización flash

Algunas de las ventajas que presenta la pasterización flash son:

- Alta eficiencia energética si se recupera el calor de la cerveza ya pasterizada para precalentar la cerveza entrante.
- No precisa personal altamente cualificado para su manejo.



En la siguiente tabla se indican las características de ambas alternativas.

Item de evaluación	Estabilización microbiológica	
	Microfiltración	Pasterización flash
Consumo de energía térmica	Menor	Mayor >90% recuperación
Consumo de energía eléctrica	Mayor	Menor
Consumo de agua	-	Mayor
Calidad de producto	Mayor	Menor
Candidatas a MTD	Inst. existentes	Sí
	Inst nuevas	Sí

☞ *Tanto la ultrafiltración como la pasterización se consideran mejores técnicas disponibles para la estabilización microbiológica.*

G.9. ESTABILIZACIÓN MICROBIOLÓGICA DESPUÉS DEL ENVASADO.

Para esta operación se utilizan de forma generalizada los túneles de pasterización. En los túneles de pasterización los envases se calientan gradualmente hasta la temperatura de pasterización enfriándose posteriormente también de forma gradual hasta una temperatura aproximada de 30-35 °C.

La Mejor Técnica Disponible en esta operación es el establecimiento de sistemas de optimización energética mediante recirculación del agua de los baños del túnel desde los de enfriamiento a calentamiento y viceversa, tal como se muestra en la siguiente figura.

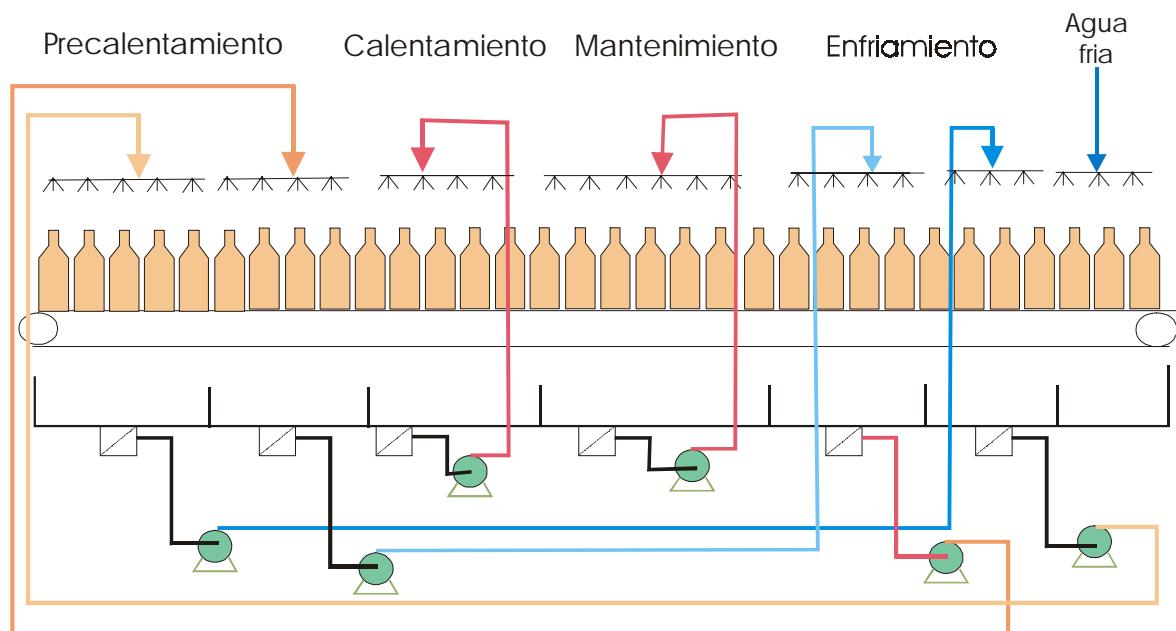


Figura 14.- Túnel de pasterización con recirculación de agua

El número de regeneraciones a realizar dependerá del balance económico entre el coste de instalación y mantenimiento y los ahorros de agua y energía que se pueden conseguir.



En este caso la mejor técnica disponible se basaría en un sistema de optimización de los consumos de agua y energía.



G.10. DESIONIZACIÓN DE AGUA DE PROCESO.

Los principales efectos medioambientales de esta operación son el consumo de energía, el consumo de productos químicos y la generación de aguas residuales.

La desionización mediante resinas de intercambio no se considera MTD ya que consume soluciones ácidas o básicas para su regeneración y genera un volumen de agua residual con muy elevada conductividad y pH extremos.

G.10.1. Osmosis inversa.

Mediante ósmosis inversa se pueden eliminar tanto las impurezas orgánicas o inorgánicas y no requiere consumo tan elevado de productos químicos como el intercambio de iones. Son equipos de elevado coste de inversión y el cambio de las membranas es también costosa (generalmente aguantan 3-5 años). El rendimiento del permeado obtenido depende del tipo de agua de entrada (para aguas duras el rendimiento es menor, obteniéndose un 70% de permeado).

G.10.2. Electrodialisis.

En la electrodialisis se consigue entre un 75 – 80% de permeado, mientras que el vertido supone entre el 20 – 25%.



El consumo energético depende de la concentración de sales en el agua de entrada

Item de evaluación	Columnas de intercambio	Osmosis inversa	Electrodiálisis
Consumo de energía	menor	0.7 kWh/m ³	>1.5 kWh/m ³
Consumo de productos químicos	elevado	bajo	bajo
% agua de rechazo	Agua de regeneración	10-25	20-25
Características del vertido	CE muy elevada y pH extremos	CE elevada	CE elevada
Candidatas a MTD	Inst. nuevas	No	Sí
	Inst. existentes	No	Sí

☞ *A igualdad de condiciones del agua de entrada, la ósmosis inversa se considera como mejor tecnología disponible ya que presenta ventajas medioambientales respecto a las columnas de intercambio ionico y la electrodiálisis. Sin embargo, para determinadas características del agua de entrada y de calidad del agua a obtener, la electrodiálisis puede ser la alternativa más adecuada por lo que no puede descartarse como MTD's.*



G.11. LIMPIEZA DE EQUIPOS E INSTALACIONES

La retirada segregada y en seco de los residuos generados (bagazo, turbios, levaduras, tierra de diatomeas, ...) previamente a la limpieza con agua debe considerarse como MTD, ya que permite reducir el volumen de agua y productos de limpieza, así como el volumen y calidad de las aguas generadas durante la misma.

La reducción del impacto generado por las limpiezas de equipos e instalaciones no se deben restringir únicamente a un cambio en las técnicas utilizadas. El replanteamiento de ciertas fases del proceso productivo o de las características del producto estableciendo criterios que tengan en cuenta las necesidades de limpieza asociadas, puede conducir también a mejoras notables en el volumen y características de las aguas residuales generadas.

G.11.1. Limpieza de equipos

En primer lugar, cabe señalar que la limpieza de los equipos dentro de la industria cervecera es una operación crítica desde el punto de vista de la calidad del producto y que por tanto, cualquier mejora medioambiental está supeditada al aseguramiento de la higiene en el proceso. El mantenimiento de una higiene adecuada en la instalación evita que grandes cantidades de materia prima se conviertan en residuos debido a una eventual contaminación.

Los sistemas CIP (Cleaning in place) permiten realizar de forma semiautomática o automática la limpieza y desinfección de la mayor parte de los equipos, tuberías y depósitos utilizados. Esta automatización presenta varias ventajas con respecto a la limpieza manual:

- Facilita la estandarización de los tiempos así como de las dosis de los productos utilizados (bases, ácidos y desinfectantes), evitando consumos exagerados y el incremento del volumen o carga de los vertidos correspondientes.

- Asegura un mayor control sobre la operación, disminuyendo contaminaciones en la materia prima o producto.
- Permite la reutilización de las soluciones de limpieza

Dentro de los sistemas de limpieza C.I.P., el sistema descentralizado permite obtener mejores rendimientos en cuanto al consumo de agua, detergentes y energía, dado que es menor la longitud del circuito por el que deben pasar las distintas soluciones de limpieza. Además, permite la implantación de secuencias de limpieza diferentes dependiendo de la zona de la instalación.

☞ *Se considera MTD la existencia de procedimientos escritos en los que se especifiquen los parámetros, características y frecuencia de limpieza que permitan optimizar con los consumo de agua, energía y productos químicos y por tanto reducir el volumen y carga de los efluentes. También se considera MTD, la instalación de aparatos de medida de los parámetros de más importantes (temperatura, pH, conductividad) en el interior de los equipos, de forma que se puedan ajustar los a los óptimos de la operación, evitando despilfarros.*

G.11.2. Limpieza de superficies

Al igual que en el apartado anterior, la correcta limpieza de las superficies es una actuación fundamental para asegurar la higiene de la producción y la minimización de las pérdidas de materia prima como residuo.

☞ *Para la limpieza de superficies existen una serie de Buenas Prácticas de carácter medioambiental que se pueden considerar como mejores técnicas de limpieza disponibles, ya que permiten reducir de forma muy importante los consumos de agua,*



energía y productos de limpieza, así como los volúmenes y carga contaminante de los vertidos correspondientes.

Estas mejores técnicas son:

- Poner por escrito las operaciones o procedimientos de limpieza.
- Evitar la entrada de sólidos en el sistema de evacuación de aguas residuales.
- Utilización de mangueras de bajo caudal y alta presión.
- Utilización de sistemas de cierre automático en mangueras de limpieza.
- Utilización de sistemas que permitan el uso combinado de agua y vapor
- Utilización de productos de limpieza menos peligrosos.

G.12. GESTIÓN DEL AGUA Y LA ENERGÍA

En este apartado se describen las técnicas de gestión que permiten reducir de forma considerable las necesidades de energía y agua de las instalaciones.



Se considera MTD todas aquellas técnicas que mejoran la gestión del agua y la energía de tal forma que se optimicen los consumos de estos recursos. Entre estas técnicas se incluyen la instalación de contadores, la recirculación del agua en aquellos procesos en que sea posible, recuperación de los vapores de cocción y de los condensados del sistema de vapor, y otras medidas que permitan la minimización de los consumos.

G.12.1. Control del consumo de agua y energía en las principales etapas del proceso.

La instalación de contadores y otros equipos de control del consumo de agua y energía hacen posible una mayor supervisión del proceso lo cual permite mejorar la calidad y la eficiencia del mismo.

Además de esta forma, es posible conocer exactamente aquellos puntos donde se producen los consumos y disponer de un valor de referencia a partir del cual poder determinar cuando se produce una desviación de ese valor y corregirlo.

A continuación se indica en una tabla aquellos puntos del proceso donde se considera necesario instalar contadores que permitan un adecuado control de los consumos realizados. Así mismo se señalan los posibles indicadores de consumo.

Tabla 11. Indicadores de consumo que deberían controlarse en las principales operaciones (Fuente: Environmental Management in the Brewing Industry).

Área	Agua		Vapor	Energía	CO ₂
	fría	caliente			
Fabricación de mosto (1)	hl agua/hl mosto		Kcal h/hl mosto	kWh/hl mosto	----
Fabricación de cerveza (2)	hl agua/hl cerveza abrillant.		Kcal h/hl cerveza abrillant.	kWh/hl cerveza abrillant.	----
Envasado (3)	hl agua/hl cerveza envasada		Kcal h/hl cerveza envasada	kWh/hl cerveza envasada	----
Planta de recuperación de CO₂	hl agua/ g de CO ₂ tratado		Kcal h/Kg de CO ₂ tratado	kWh/kg de CO ₂ tratado	Kg CO ₂ rec/hl cerveza
Planta de tratamiento de aguas (4)	hl agua vertida/ hl cerveza envasada			kWh / hl agua tratada	---
Control general	hl agua/hl cerveza prod.		Kcal h/hl cerveza prod.	kWh/hl cerveza prod.	Kg CO ₂ /hl cerveza prod.

- (1) Incluye las operaciones de: Molienda, Maceración, Filtración, Cocción, Clarificación y Enfriado del mosto.
- (2) Incluye las operaciones de: Fermentación, Separación de levaduras, Maduración, Centrifugación, Abrillantado y Carbonatación de la cerveza.
- (3) Incluye las operaciones de: Lavado de botellas, Llenado y Pasterizado.
- (4) Deberá tenerse en cuenta el volumen de aguas pluviales en caso de que no se cuente con un sistema de recogida de aguas separativo.

G.12.2. Gestión integral del agua caliente

En la operación de enfriado del mosto previa a la fermentación, se genera una gran cantidad de agua caliente (a 85°C aproximadamente). Cuando este agua caliente se utiliza solo en la fase de maceración se generan excesos de que deben ser vertidos, con la consiguiente pérdida de energía y agua.

Los sistemas de agua caliente deberían diseñarse de tal forma que se produzca el mayor aprovechamiento posible del agua caliente, minimizando así su vertido.



La realización de un estudio exhaustivo de las necesidades de agua caliente en la industria de forma que permita aprovechar esta agua caliente en operaciones como la limpieza CIP o el lavado de botellas.

G.12.3. Recirculación del agua de los baños del túnel de pasterización

Este aspecto ya se ha tratado en el apartado correspondiente a Mejores Técnicas Disponibles en la operación de *estabilización microbiológica* tras el envasado.

En algunos casos, puede ser adecuado la utilización de Torres de Enfriamiento para la recirculación de las aguas del último enfriado.

G.12.4. Recuperación de los vapores de cocción

Este aspecto ya se ha tratado en el apartado correspondiente a Mejores Técnicas Disponibles en la operación de *Cocción*.

G.12.5. Recuperación de condensados del sistema de vapor

Como en cualquier otra industria, la recuperación de los condensados del sistema de vapor permite reducir los consumos de agua y energía en la operación (la pérdida de 1 m³ de condensados a 85 °C equivale a un consumo de 8.7 kg de fuel).

G.12.6. Otros

- Recirculación del agua de las bombas de vacío
- Instalación de válvulas automáticas de cierre del agua en las lavadoras de botellas cuando la línea está parada.
- Adecuar la calidad de agua empleada a las necesidades de la operación.



G.13. APROVECHAMIENTO DEL BIOGAS GENERADO EN LAS INSTALACIONES DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES.

El biogas generado en el proceso anaerobio de depuración de aguas tiene una riqueza en metano que generalmente oscila entre el 70-80%.

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. Como valor de referencia, se puede suponer una producción $0.35-0.5 \text{ m}^3$ de metano/kg de DQO eliminada.

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.

A parte 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 CO_2 generado en su combustión). El poder calorífico inferior del biogas oscila entre $22-25 \text{ MJ/Nm}^3$, dependiendo de su riqueza en metano.



Se considera MTD's el aprovechamiento del biogas generado en las instalaciones de depuración de aguas residuales siempre que económica y técnicamente sea viable.

A modo de resumen se recoge a continuación en una tabla las MTD's determinadas anteriormente.



Etapa del proceso	Tecnologías disponibles	MTD's
Recepción y Almacenamiento de materia prima.	Sistemas de recepción abiertos Sistemas de recepción cerrados	Sistemas de recepción cerrados con aspiración del aire interior, equipos de retención de partículas(ciclón y filtros de mangas) y adecuadas medidas de seguridad
Transporte malta	Sistemas neumáticos Sistemas mecánicos	Ambas tecnologías siempre que minimicen la emisión de polvo Recogida en seco de la malta caída durante el transporte y posterior reutilización en el proceso
Filtrado	Cuba-filtro Filtro de mosto	Desde el punto de vista medioambiental ambos sistemas son similares, por lo que los dos se consideran MTD's.
Cocción	A presión atmosférica A baja presión	Sistemas a baja presión con acumulación de energía, (para instalaciones ya existentes se considera MTD's los sistemas a presión atmosférica siempre que cuenten con sistemas de recuperación de vapores).
Clarificación	Whirpool	Reintroducción del turbio en las fases previas (filtrado del mosto) de forma que los sólidos se eliminan junto con el bagazo y se recupera mosto.

Etapa del proceso		Técnicas disponibles	MTD's
Fermentación	Sist. Refrigeración	Sistema de refrigeración directo Sistema de refrigeración indirecto.	Ambas tecnologías se consideran MTD's siempre que cuenten con sistemas de detección de fugas y las medidas de seguridad adecuadas.
	Emisión de CO ₂	Recuperación del CO ₂ producido No recuperación del CO ₂ producido	Recuperación del CO ₂ producido.
	Retirada de levaduras	Tanques cilíndrocónicos Tanques de otras geometrías	Tanques cilíndrocónicos Eliminación máxima de levaduras antes de la limpieza
	Limpieza de tanques	Fermentación y guarda en el mismo tanque Tanques distintos para fermentación y guarda.	Un único tanque para fermentación y guarda siempre que la calidad de la cerveza no se vea afectada.
Separación de levaduras		Sistemas tradicionales (centrifugación, filtros de placas, filtros rotativos de vacío) Filtración de flujo tangencial	Filtración de flujo tangencial, para instalaciones nuevas.
Estabilización microbiológica	Antes de envasado	Ultrafiltración Pasterización	Ambos sistemas se consideran MTD's tanto para instalaciones existentes como para nuevas.
	Después de envasado	Túnel de pasterización	Sistemas de optimización de energía



Etapa del proceso	Técnicas disponibles	MTD's
Limpieza de equipos	Manual CIP	<p>Limpieza CIP</p> <p>Buenas prácticas de limpieza de equipos, como por ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none">Estandarización de los tiempos de limpieza, las dosis de productos utilizados.Control operacionalReutilización de soluciones de limpieza
Limpieza instalaciones y mantenimiento		<p>Limpieza CIP</p> <p>Buenas prácticas de limpieza de instalaciones, como por ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none">Poner por escrito las operaciones o procedimientosEvitar la entrada de sólidos en el sistema de evacuación de aguas residualesUtilización de sistemas de cierre automático en mangueras de limpiezaUtilización de sistemas que permitan el uso combinado de agua y vaporUtilización de productos de limpieza menos peligrosos



Etapa del proceso	Técnicas disponibles	MTD's
Tratamiento de agua para proceso	Columnas intercambio iones Osmosis inversa Electrodiálisis	Osmosis inversa Electrodiálisis
Gestión de agua y energía		Instalación de contadores de agua y energía. Gestión integral del agua caliente. Recirculación del agua de los baños del túnel de pasterización. Recuperación de los vapores de cocción. Recuperación de condensados. Otras medidas de ahorro y optimización del consumo de agua y energía

H. TÉCNICAS DISPONIBLES PARA EL TRATAMIENTO Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN.

En el apartado anterior se han descrito las mejores técnicas disponibles para las operaciones del proceso productivo y operaciones auxiliares, cuya implantación en la industria permite una reducción en origen de la contaminación generada por la actividad. Sin embargo, la aplicación en sí de estas MTD's de proceso no aseguran en algunos casos un adecuado nivel de protección de los medios receptores, y por tanto es necesario complementarlas con sistemas de tratamiento y control de las emisiones a final de línea.

Los sistemas a los que se refiere este capítulo engloban actuaciones como:

- gestión más adecuada de los residuos,
- elementos de depuración,
- equipos para el autocontrol medioambiental.

La contaminación ambiental producida por las industrias cerveceras está originada fundamentalmente por las aguas residuales, los residuos sólidos y las emisiones a la atmósfera, siendo la provocada por olores o ruidos de carácter más puntual.

A continuación se describen las técnicas disponibles para el control y tratamiento de estas emisiones.

Emisiones atmosféricas

Los problemas medioambientales derivados de las emisiones atmosféricas pueden ser relevantes en este tipo de industrias, centrándose en los siguientes aspectos:

- Emisión de partículas durante la descarga y transporte de la malta
- Gases de combustión en calderas (muy dependientes del tipo de combustible utilizado)



- Emisión de vahos de agua y compuestos orgánicos volátiles durante la cocción del mosto
- Emisión de CO₂ durante la fermentación y maduración.

La emisión de polvo y partículas durante las etapas de recepción y transporte de la malta, pueden evitarse mediante la instalación de sistemas cerrados de recepción junto con sistemas de aspiración y retención de partículas (ciclones y filtros de mangas).

Los sistemas de refrigeración deberán contar con sistemas de detección de fugas.

En el apartado de MTD's ya se han mencionado las medidas relativas a la emisión de CO₂ durante la fermentación así como en el tema de olores y vahos generados durante la cocción.

Residuos sólidos

La mayor parte de los residuos generados son de carácter orgánico y alguno de ellos se genera en grandes cantidades.

El bagazo supone del orden del 80% del volumen de malta, mientras que la levadura producida durante la fermentación es cuatro veces superior a la introducida inicialmente. Ambos residuos deben ser considerados como subproductos, ya que tienen valor como materia prima para otras actividades (alimentación animal, industria farmacéutica, alimentación humana,...).

Sin embargo, su valor como subproducto depende en gran medida de características como su grado de humedad o la frescura, por lo que las empresas deben disponer de instalaciones que aseguren un almacenamiento adecuado. Los lixiviados generados durante el almacenamiento deben ser recogidos y enviados a la EDAR.

La deshidratación de residuos orgánicos (bagazos, levaduras, fangos de depuradora) o tierras de diatomeas aprovechando la energía térmica procedente de instalaciones de cogeneración es una de las mejores alternativas para acondicionar estos subproductos, reducir su impacto y facilitar su aprovechamiento.

A modo de referencia, el consumo energético necesario para reducir la humedad del bagazo desde un 60% (humedad conseguida tras su prensado mecánico) hasta un 15% es de 15-20 MJ/hl de cerveza.

Los residuos de naturaleza no orgánica, tienen también mucha importancia ya que deben gestionarse adecuadamente. Se deben establecer planes de minimización de residuos que permitan una reducción del volumen de generación y peligrosidad de los mismos.

Los residuos de envase generados durante la recepción de materia prima o el envasado de productos deben segregarse en el interior de la empresa atendiendo a su composición y a las posibilidades de gestión existentes (vidrio, papel/cartón, plásticos, hojalata, aluminio, madera), para posteriormente gestionarse a través de una empresa autorizada para la gestión de ese tipo de residuo.

Los residuos peligrosos deben segregarse del resto de residuos, almacenarlos en lugares especialmente acondicionados para tal fin (por un periodo de tiempo no superior a 6 meses) y gestionarlos adecuadamente a través de un Gestor Autorizado de Residuos Peligrosos.

Las tierras de diatomeas agotadas tienen algunas características que dificultan su gestión (matriz inerte calcárea con un alto contenido en sólidos orgánicos y humedad elevada). La primera actuación debe ser la reducción del grado de humedad de las tierras para evitar la producción de vertidos y facilitar su gestión.

Posteriormente, existen varias alternativas para su gestión o aprovechamiento: Depósito en vertedero controlado, aplicación en suelos contaminados, incineración y posterior reutilización, mezcla con otros residuos como bagazos o fangos de depuradora. En todo caso, estas soluciones de gestión deben adecuarse a la correspondiente legislación autonómica o local.

Los fangos de depuradora también tienen una gestión relativamente complicada en algunos casos. Su aprovechamiento más sencillo es el compostaje y posterior utilización como abono o enmienda agrícola, siempre que no presente concentraciones de metales pesados por encima de los valores límite legislados.



Aguas residuales

La mayor parte de las aguas residuales se generan en operaciones de lavado y limpieza.

Aunque como se detalla posteriormente, 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
- 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

En la siguiente tabla se muestran algunos rangos típicos para dichos parámetros.

Tabla 12. Valores aproximados de referencia para algunos parámetros de las aguas residuales en las cervecerías (Fuente: Environmental Management in Brewing Industry).

Parámetros	Valores aproximados
Volumen de agua residual (hl / hl cerveza)	3.5-8
DBO (kg DBO/hl de cerveza)	0.6-1.8
Sólidos en Suspensión (kg DBO/hl de cerveza)	0.2-0.4
DBO/DQO	0.58-0.66
Nitrógeno (mg/l)	30-100
Fósforo (mg/l)	30-100

Tal como se ha comentado, las características de las aguas residuales de las cervecerías pueden variar considerablemente de unas instalaciones a otras, dependiendo entre otras cosas del:

- 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

Independientemente de la implantación de las MTD's anteriormente descritas, 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 cervecerías 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 que se describe a continuación se debe considerar como un *sistema mínimo de tratamiento* para todas las industrias cerveceras, sin que por ello se considere que el *sistema es suficiente* para lograr una depuración adecuada de las aguas en cada caso particular.

La estación depuradora de aguas residuales deberá contar con los siguientes sistemas:

Sistema de desbaste

Como etapa previa al resto de equipos de depuración, se debe instalar un sistema de retención de sólidos

- reja de gruesos para retener los sólidos de mayor tamaño

- tamiz que permita la separación de los sólidos más finos.

Estos sistemas llevarán acoplados equipos de recogida de los sólidos que facilite su recuperación como subproductos y con sistemas de drenaje para evacuar lixiviados de forma controlada.

Sistema de neutralización.

Cuando sea posible, se recomienda realizar un análisis e identificación de las corrientes ácidas y básicas, de forma que se puedan neutralizar antes de su vertido al colector. Este tipo de neutralización presenta algunas ventajas como son: ahorro de reactivos, menor tiempo de reacción y mayor eficacia de la neutralización. 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.

La neutralización de las aguas al final de línea debe ser necesaria cuando no se consiga un pH adecuado del vertido final.

Dicha neutralización se puede conseguir mediante adición de productos químicos (ácidos o bases), utilizando el CO₂ excedentario generado durante la fermentación y teniendo en cuenta la posible acidificación biológica que se produce en los reactores biológicos.

Sistema de 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.

Este sistema no será necesario si posteriormente existe algún equipo que realice esta función.



Sistema biológico.

Como consecuencia de la elevada carga orgánica que presentan las aguas de las cervecerías, resulta necesario implantar un sistema de depuración que disminuya considerablemente dicha carga. Dada la elevada biodegradabilidad de la materia orgánica presente en dichos efluentes (generalmente superior al 60%), los sistemas biológicos se presentan como la alternativa más adecuada y utilizada para la reducción de la carga orgánica.

El sistema debe constar de un tratamiento biológico de las aguas adecuado a sus características de carga y volumen, de forma que permita reducir los valores de DQO, DBO5 y Sólidos en Suspensión hasta valores que permitan su vertido al medio receptor, y de un tratamiento de los fangos generados en el proceso de degradación biológica de la materia orgánica (biomasa microbiana excedentaria), que como mínimo debería disponer de las etapas de concentración y deshidratación.

A continuación se describen de forma genérica los sistemas biológicos de depuración.

Los sistemas biológicos consisten básicamente en provocar el desarrollo de microorganismos capaces de asimilar la materia orgánica presente en las aguas, de manera que parte de ésta se oxida o reduce y el resto se transforma en nuevos microorganismos que se retiran por decantación o flotación.

Los sistemas biológicos se pueden clasificar en dos grandes grupos, en función del tipo de microorganismo encargado de biodegradar la materia orgánica:

- **Sistemas aeróbios:** en los que se favorece el crecimiento de microorganismos aeróbios mediante el mantenimiento de las condiciones de oxigenación del medio.
- **Sistemas anaeróbios,** en los que la materia orgánica se degrada por fermentaciones anaeróbias en escasez o ausencia de oxígeno.

Muchas cervecerías en España utilizan sistemas mixtos anaerobio-aerobios

En la siguiente tabla se resumen las características de ambos sistemas:



Anaeróbios	Aeróbios
En los procesos anaerobios es posible operar con cargas orgánicas del influente elevadas	No funciona adecuadamente con cargas de materia orgánica elevadas debido limitaciones en la velocidad de transferencia de oxígeno
Genera poca cantidad de fangos (0.04-0.08 kg SS/kg de DQO eliminada). Esto supone un importante ahorro en transporte y tratamiento de fangos.	Genera mayor cantidad de fangos (0.45-0.55 kg SS/kg de DQO eliminada)
Las necesidades de energía eléctrica son del orden de la décima parte de los aerobios ya que suprime el consumo debido a la aireación.	
Para asegurar que el proceso anaerobio tiene lugar a velocidades razonables es necesario trabajar a temperaturas cercanas a los 35°C, lo que implica un calentamiento del reactor. Una parte sustancial de los requisitos de energía puede obtenerse de los gases producidos (metano).	No necesita calentamiento del sistema, aunque presenta máximos de eficiencia entre 25-35 °C y su eficiencia se reduce rápidamente cuando la temperatura del influente excede 38-40 °C.
Los fangos generados están más estabilizados	
Mayor coste de inversión inicial	Mayor coste de mantenimiento
Los malos olores debidos principalmente a la producción de sulfuro de hidrógeno y mercaptanos puede ser una seria limitación en algunos casos	Si la aireación es adecuada, no deben producirse malos olores
El control de operacional de las unidades anaerobias es más difícil que el de las aerobias, siendo el proceso más sensible a las puntas de carga.	
Los tratamientos anaerobios requieren generalmente un posterior tratamiento aerobio	Los sistemas aeróbios permiten reducir la DQO a valores muy bajos (<25 ppm)
La sedimentación de la biomasa anaerobia es más difícil que la del proceso de fangos activados, lo que implica mayores costes para la clarificación.	Fácil sedimentación de los fangos generados
La primera puesta en marcha del proceso es más lenta	



Equipos de Autocontrol

Además, es importante que las empresas dispongan de los medios y sistemas adecuados que permitan conocer los caudales de agua consumidos y los caudales vertidos, así como el poseer equipos propios de toma de muestras capaces de obtener de forma periódica muestras integradas de una jornada laboral.

La utilización de estos equipos junto a una serie de métodos analíticos semicuantitativos que permitan determinar los principales parámetros de un vertido (pH, DQO y SS) ofrecerán una valiosa información relativa a las características analíticas del vertido, su evolución temporal, los caudales vertidos, la efectividad de sus sistemas de tratamiento y, finalmente, si la empresa ha adoptado medidas de minimización podrá conocer los avances realizados en este sentido.

I. TÉCNICAS EMERGENTES.

En este apartado se detallan las técnicas en fase de desarrollo o que no se utilizan en nuestro país, y que mejoran en el comportamiento medioambiental conjunto de la operación en comparación con las tecnologías más utilizadas.

I.1.1. Cocción.

I.1.1.1. Sistemas de alta presión.

En los sistemas de alta presión, el mosto se recoge en la caldera a 72°C y se calienta sucesivamente en tres intercambiadores de calor hasta 140°C manteniéndose a esta temperatura durante 3-5 minutos, a una presión de hasta 6 bars para que no hierva. Posteriormente, el mosto sufre un enfriamiento por etapas en dos tanques de expansión, utilizándose los vapores en los intercambiadores de calor.

El fluido calefactor de las dos primeras unidades es vapor secundario generado durante la expansión del mosto al pasar en dos etapas de una presión de 6 bars a la atmosférica en los tanques de expansión. De esta manera, sólo es necesario el uso de vapor para el calentamiento final del mosto desde 115 a 140°C , ahorrándose así dos tercios del total del vapor que en realidad se necesitaría en caso de cocer el mosto en una caldera tradicional.

En los cambiadores espirales se produce la condensación de esos vapores secundarios en forma de condensados elimina los problemas de emisiones de vapores más o menos olorosos típicos de la cocción tradicional.

Los sistema de “alta presión” requieren una instalación más compleja que los sistemas de baja presión o las calderas abiertas, aunque permiten obtener un ahorro de vapor de un 69% sobre los sistemas mencionados anteriormente.

Es muy importante resaltar que como el tratamiento térmico es muy efectivo, se puede reducir apreciablemente la dosis de lúpulo en comparación con el sistema de caldera abierta. La sobrepresión puede provocar formación de espumas indeseables.

Ventajas:

1. Instalación compacta.
2. Sistema cerrado y continuo.
3. Reducción del consumo de energía.
4. Posibilidad de reducir en un 10% la adición de lúpulo y seguir consiguiendo el mismo resultado que en un sistema tradicional.
5. Reducción drástica de los vapores expulsados a la atmósfera.

I.1.2. Estabilización – Filtración.

I.1.2.1. Microfiltración tangencial.

La utilización de filtros de tierras supone un inconveniente desde el punto de vista medioambiental, debido a la considerable generación de residuos sólidos con una elevada carga orgánica cuya gestión es complicada.

La utilización de técnicas de separación por membrana pueden permitir a la industria cervecera llevar a cabo los procesos de separación sólido-líquido sin la generación de residuos sólidos y obtener productos microbiológicamente estables sin la necesidad de utilizar tratamientos térmicos.

Sin embargo, el problema del ensuciamiento de las membranas aún no está totalmente solucionado para los equipos industriales, lo que dificulta su aplicación en la industria.



J. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Mejores Técnicas Disponibles

En los apartados anteriores se han determinado las mejores técnicas disponibles de proceso y los sistemas de control y tratamiento en la industria cervecera.

Límites de emisión

La determinación exacta de los límites de emisión en los parámetros de vertido de las aguas residuales para cada operación o en el mejor de los casos los límites de emisión finales del proceso en su conjunto, es un tema de gran complejidad dado que:

- Para algunas operaciones, existe una dependencia inversa entre el volumen de agua consumida y la concentración de los parámetros de vertido de las aguas residuales resultantes.
- Incluso dos industrias que utilicen las mismas materias primas y elaboren los mismos productos tendrán aguas residuales con distintas características debido a la versatilidad de los procesos y a los distintos manejos y modos de operación.
- Los límites de vertido de las aguas residuales de un establecimiento dependen de las características del medio receptor considerando que en algunas ocasiones,
 - las empresas pueden verter sus aguas residuales tras un pretratamiento adecuado a colectores municipales que dispongan de una EDAR
 - las empresas deben depurar sus aguas hasta niveles mucho más restrictivos cuando vierten a cauce público.

Por estas razones, en este documento no se fijan límites de emisión, sino que se toma como referencia lo establecido en la normativa vigente.



Necesidades del sector.

Uno de los principales problemas del sector en materia medioambiental es la gestión adecuada de sus residuos/subproductos, fundamentalmente tierras de diatomeas colmatadas, fangos de depuradora, bagazos y levaduras.

La existencia de programas de I+D que tuvieran como objetivo el desarrollo de tecnologías de minimización de residuos (por ejemplo: filtración tangencial para el filtrado de la cerveza) o el desarrollo de técnicas de compostaje reduciría de forma ostensible la problemática derivada de su gestión



Anexo I: Legislación aplicable al sector

Normas generales en materia medioambiental

1. Directiva 96/61/CE, del Consejo, de 24 de septiembre de 1996, relativa a la prevención y al control integrados de la contaminación.

La presente Directiva dispone, a nivel comunitario, las medidas necesarias para reducir y prevenir los impactos que las actividades industriales producen en el medio ambiente en su conjunto (atmósfera, agua y suelo). Este control global se realiza evitando la contaminación mediante un sistema de autorización previa, que sólo se concederá cuando se hayan tenido en cuenta criterios de protección integral del medio ambiente al realizar el proyecto de instalación de la industria.

2. Decreto 2414/1961, de 30 de noviembre. Reglamento de Actividades Molestas, Insalubres, Nocivas y Peligrosas.

Reglamento de intervención, regula, con el carácter de mínimo, las actividades molestas, insalubres, nocivas, y peligrosas. Tiene por objeto evitar que las instalaciones, establecimientos, actividades, industrias o almacenes, produzcan incomodidades, alteren las condiciones normales de salubridad e higiene del medio ambiente y ocasionen daños a las riquezas pública o privada o impliquen riesgos graves para las personas o los bienes; de ahí su calificación como Reglamento de intervención administrativa.

Contenido. Regula el procedimiento para la concesión de licencias para todas aquellas actividades comprendidas en el “*Nomenclátor*” adjunto (anexo I), determinándose, en base a su calificación como molestas, insalubres, nocivas o peligrosas, exigencias adicionales contempladas en el Reglamento.

3. Real Decreto 85/1996, de 26 de enero, por el que se establece normas para la aplicación del Reglamento (CEE) 1836/93, del Consejo, de 29 de junio, por el que se permite que las empresas del sector industrial se adhieran con carácter voluntario a un sistema comunitario de gestión y auditoría medioambientales.

Incorporando al ordenamiento interno español el Reglamento comunitario citado, la auditoría medioambiental se concibe como un instrumento de gestión, de carácter voluntario para la empresa, dirigido fundamentalmente hacia la actividad de la misma (procesos productivos), evaluando ésta, con la finalidad de proteger el medio ambiente.

4. Ley 38/1995, de 12 de diciembre, sobre el derecho de acceso a la información en materia medioambiental.

La presente Ley proclama y reconoce el derecho (por otra parte, ya indirectamente contemplado en los artículos 35 y 37 de la Ley 30/1992) de acceso a la información ambiental que esté en poder de las administraciones competentes, trasponiendo la normativa comunitaria en la materia; este derecho se reviste de dos caracteres que lo distinguen:

- La no necesidad de acreditar un interés determinado.
- La garantía de confidencialidad sobre la persona que lo ejerza.

I. AIRE.

1. Ley 38/1972, de 22 de diciembre, de Protección del ambiente atmosférico.

Norma que inició, en la práctica, el desarrollo consciente de la ordenación jurídica española en materia de medio ambiente, determinando (entonces inicialmente) su carácter sectorial, se redacta en respuesta a la contaminación/saturación del medio atmosférico provocada, ya entonces, fundamentalmente por la emisión descontrolada de agentes contaminantes. Por ello, tiene como objeto “prevenir, vigilar y corregir las situaciones de contaminación atmosférica, cualesquiera que sean las causas que las produzcan”, que impliquen riesgo, daño o molestia grave para las personas y bienes.

2. Decreto 833/1975, de 6 de febrero, por el que se desarrolla la Ley 38/1972, de 22 de diciembre, de Protección del ambiente atmosférico.

En virtud de lo dispuesto en la Ley de Protección del ambiente atmosférico, su Reglamento incide en los aspectos prácticos de la misma, desarrollando, en esencia, las dos cuestiones básicas en materia de contaminación atmosférica:

- Calidad del aire:
- Normas de inmisión.
- Red Nacional de vigilancia y prevención.
- Zonas de atmósfera contaminada.
- Emisiones contaminantes:
- Actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera.
- Límites (provisionales) de emisión autorizados.
 - Normas de instalación, ampliación, modificación, localización, autorización, funcionamiento y control de las actividades industriales potencialmente contaminadoras de la atmósfera.

II. AGUA.

1. Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas.

La presente Ley pretende, acorde con los principios constitucionales inspiradores, orientar la concepción "pública" del agua como recurso (tanto la superficial como la subterránea), armonizando la legislación civil en la materia con la administrativa, y adecuándola a la nueva organización territorial del Estado. Cita, asimismo, los ámbitos de actuación relacionados con el agua: Política Hidráulica -planificación hidrológica y dominio público hidráulico-, Protección del Medio Ambiente, así como Ordenación del Territorio, a los que parece que habría que añadir, debido al carácter "económico" del agua (recurso natural escaso, indispensable...., irremplazable...., vulnerable....) su genérica planificación dentro de la actividad económica. Todo ello provoca una muy fina delimitación de las competencias que nuestro Ordenamiento Jurídico reserva a cada una de las Administraciones Públicas, materia merecedora de un profundo tratamiento, pero ajeno a los propósitos de esta recopilación.

2. Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, que desarrolla los Títulos Preliminar, I, IV, V, VI y VII de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas.

Reglamento de desarrollo de La Ley 29/85, de Aguas, en lo referente a la utilización del Dominio Público Hidráulico, delimitando las figuras en que se concreta la misma, su régimen fiscal, así como el régimen de infracciones y sanciones.

A destacar el tratamiento realizado sobre los vertidos. Toda actividad susceptible de provocar la contaminación o degradación del dominio público hidráulico y, en particular, el vertido de aguas y de productos residuales susceptibles de contaminar las aguas continentales, requiere autorización administrativa. Se establecen relaciones de sustancias contaminantes, para eliminar (o cuanto menos reducir, según la categoría) los efectos nocivos de las mismas en su medio receptor, protegiéndose especialmente los acuíferos subterráneos, autorizándose, caso puedan afectar a los mismos, sólo aquellos vertidos que,

mediante estudio hidrogeológico, aseguren su inocuidad en la graduación establecida. Se condiciona asimismo el establecimiento de instalaciones industriales a la obtención de la preceptiva autorización de vertido, en su caso.

Régimen Económico del Vertido. Sigue el principio "*quien contamina, paga*", que implica que los costes (económicos, sociales, ambientales...) que provoca el vertido sean pagados por el causante de la actividad. En función de lo anterior, el Reglamento desarrolla el denominado "Canon de Vertido", exacción periódica percibida por los Organismos de Cuenca, configurando su régimen y, particularmente, el método para su cálculo.

3. Real Decreto 484/1995, de 7 de abril. Medidas de regularización y control de vertidos.

Este Real Decreto pretende fundamentalmente dos objetivos. En primer lugar, alcanzar el ordenamiento definitivo de los vertidos existentes a través de "planes concretos de regularización" llamados a conseguir, mediante una serie de actuaciones programadas en el tiempo, el adecuado tratamiento de todo vertido. Las correspondientes autorizaciones definitivas tendrán, lógicamente, carácter temporal y renovable, previas las comprobaciones necesarias que aseguren en todo caso el cumplimiento por sus titulares de las obligaciones que les imponen. En coherencia con las medidas de regularización que se establecen, la inviabilidad de un vertido, ya sea debida a las características del mismo, a su defectuoso tratamiento o al incumplimiento de las previsiones correctoras, motivará su suspensión o clausura sin perjuicio de la adopción de las demás medidas contenidas en la norma.

4. Orden de 23 de diciembre de 1986 por la que se dictan normas complementarias en relación con las autorizaciones de vertidos de aguas residuales.

Disposición promulgada para regularizar la situación legal y administrativa de determinados sujetos pasivos causantes de vertidos directos a cauces públicos, o que eliminan sus aguas residuales mediante su extensión por el suelo o inyección en el subsuelo.

5. Orden de 12 de noviembre de 1987 sobre Normas de Emisión, Objetivos de Calidad y Métodos de Medición de Referencia relativos a determinadas sustancias nocivas o peligrosas contenidas en los vertidos de aguas residuales.

En desarrollo de lo dispuesto en el artículo 254 del Real Decreto 849/1986 que aprueba el Reglamento para el Dominio Público Hidráulico, e incorporando la Normativa Comunitaria al Derecho Interno Español, determina (en sus anexos), y para cada sustancia considerada:

- Normas de Emisión.
- Objetivos de Calidad.
- Método de medición de Referencia.
- Procedimientos de control para objetivos de calidad.

6. Ley 46/1999, de 13 de diciembre, de modificación de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas.

La presente Ley modifica la Ley de Aguas de 1985, de tal forma que se de respuesta a las insuficiencias que presenta esta Ley, a los retos que exige la gestión del agua en estos momentos y de cara al futuro así como lograr una plena integración en la Unión Europea. Además de otorgar la máxima protección a este recurso natural como un bien medioambiental.

En el plazo de un año a partir de la entrada en vigor de la presente Ley, el Gobierno dictará un Real Decreto legislativo en el que se refunfa y adapte la normativa legal en materia de aguas existente.

III. RESIDUOS

1. Ley 10/1998, de 21 de abril, de residuos.

Norma básica en materia de residuos, tiene por objeto prevenir la producción de residuos, establecer el régimen jurídico de su producción y gestión y fomentar, por este orden, su reducción, su reutilización, reciclado y otras formas de valorización.

En particular, establece:

Obligaciones relativas ala puesta en el mercado de productos generadores de residuos.

Determinaciones en cuanto a la producción, posesión y gestión de los residuos (incluidos los residuos urbanos y los peligrosos)

Normas específicas sobre la producción y gestión de los residuos peligrosos

Instrumentos económicos en la producción y gestión de residuos

Regulación de los suelos contaminados. Declaración y reparación.

Actuaciones de inspección y vigilancia.

Responsabilidad administrativa. Régimen sancionador.

2. Real Decreto 833/1988, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986, básica de residuos tóxicos y peligrosos.

Reglamento en ejecución de la ya derogada Ley 20/1986, básica de residuos tóxicos y peligrosos, subsiste en cuanto no se oponga a lo dispuesto por la Ley 10/1998, de residuos (artículos 21 a 24 de la Ley), que regula, particularmente:

- Producción de registros peligrosos
- Gestión de residuos peligrosos
- Registro y medidas de seguridad
- Situaciones de emergencia

3. Ley 11/1997, de 24 de abril, de envases y residuos de envases.

La presente Ley, incorporando al efecto lo dispuesto por la normativa comunitaria, tiene por objeto establecer un marco general de control de los residuos de envases, para lo cual regula, a lo largo de todo el ciclo de vida de los mismos, el impacto ambiental que puedan presentar los envases, al tiempo que gestiona los residuos que sobre estos se generan. La Ley presenta como doble objetivo la prevención de la producción de residuos de envases, así como la valorización de los residuos de envases, con la finalidad de evitar o reducir su eliminación.

4. Real Decreto 782/1998, de 30 de abril por el que se aprueba el Reglamento para el desarrollo y ejecución de la Ley 11/1997, de 24 de abril, de envases y residuos de envases.

Norma de desarrollo de la Ley 11/1997, posibilita la adecuada aplicación de ésta, y, en particular, la participación e implicación empresarial en la consecución de los fines y objetivos que la Ley establece.

En particular, la norma establece:

- Desarrolla el concepto de envase establecido por la Ley, determinando, especialmente, productos excluidos e incluidos en la consideración de envases.
- Identifica y determina diferentes obligaciones empresariales para el cumplimiento de dichos objetivos, y, en particular,
 - Establece para los envasadores la obligación de elaborar Planes empresariales de Prevención (en función de cantidades fijadas de residuos de envases)
 - Individualiza el deber de comunicar a la administración información sobre envases y residuos de envases.
- Establece, voluntariamente, un sistema de marcado e identificación, en el envase, de los materiales que lo conforman.
- Requisitos técnicos básicos sobre la composición y naturaleza de los envases



- Sistemas integrados de Gestión (SIG). Desarrolla su régimen de funcionamiento y financiación, articulando mecanismos que posibiliten el seguimiento de su actuación.
- Sistemas de depósito, Devolución y Retorno (DDR). Desarrolla su utilización, sujetándola a una previa comunicación.



Anexo II: Bibliografía

Beer pasteurisation : (manual of good practice) Prepared by the EBC Technology and Engineering Forum. Nürnberg : Getränke-Fachverlag Hans Carl, 1995.

Biotecnología de la cerveza y de la malta. J.S. Hough. Zaragoza Acribia,. 1990.

Biotecnología de la fermentación : Principios, procesos y productos. Owen P. Ward. Zaragoza : Acribia, 1991.

Bitterness in foods and beverages. Edited by Russell L. Rouseff. Amsterdam [etc.] : Elsevier, 1990

Brewery Utilities (manual of good practice). Prepared by EBC Technology & Engineering Forum. Nürnberg: European Brewery Conventión and Getränke-Fachverlag Hans Carl, 1997.

Eficiencia energética en la pequeña y mediana industria: Sector conservas alimenticias. IDAE, 1995

Energía en fábricas de cerveza y malta. F.J. Rodriguez y A. Shaw. Cerveza y Malta, XXX(3), 119, 37-39, 1993.

Energy in Food Processing. Singh. Elsevier, 1986.

Environmental Management in Brewing Industry. United Nations Publicación. Technical Report n° 33. 1996.

Fermentaciones alimentarias. Coordinadores C.M. Bourgeois, J.P. Larpent. Zaragoza : Acribia, 1995.

Fermentaciones alimentarias. Coordinadores C.M. Bourgeois, J.P. Larpent. - Zaragoza : Acribia, 1995.

Filtración de flujo tangencial para la recuperación de cerveza procedente de levadura excedente. R. Schlenker. Cerveza y Malta, XXXIV(2), 143, 23-28, 1997.

Food Industry and the Environment, practical issues and cost implications.

Dalzell. Blackie Academic and Professional, 1994.

Food Processing Technology. P. Fellows. Chistester (Eng): Ellis Horwood Ltd., 1988.

Indicadores energéticos, Sector de Fabricación de Cerveza. IDAE, MINER, 1997.

Integración de los procesos de separación por membrana en la industria cervecera. P. Czecaj, F. López y C. Güell. Cerveza y Malta, XXX(3), 143, 19-25, 1999.

La contaminación industrial en el sector agroalimentario de la Comunidad Valenciana. AINIA: "". Impiva, 1993.

Las operaciones de la ingeniería de los alimentos. J.G.Brennan, J.R. Butters, N.D. Cowell and A.E.V. Lilley. Zaragoza: Acribia, 1998.

Nueva tecnología de ebullición del mosto versus calidad del producto resultante. F.J. Sanz. Cerveza y Malta, XXVIII(4), 143, 26-35, 1991.

Seminario sobre Eficiencia Energética en el Sector de la Cerveza y Malta. Madrid 12 y 13 de febrero de 1998. IDAE, MINER.

Técnicas de conservación Energética en la Industria. Ahorro en procesos, Tomo II. Centro de Estudios de la Energía. MINER, 1982.

Técnicas de conservación Energética en la Industria. Fundamentos y ahorro en operaciones, Tomo I. Centro de Estudios de la Energía. MINER, 1982.



Otros artículos publicados en las revistas:

Alimentación Equipos y Tecnología,

Alimentaria

Cerveza y Malta

Food Science and Technology International



INDICE DE CONTENIDOS

A. INTRODUCCIÓN	2
B. LA INDUSTRIA CERVECERA EN ESPAÑA.....	5
C. DESCRIPCIÓN GENERAL DE PROCESOS INDUSTRIALES	11
C.1. RECEPCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA.....	14
C.2. PROCESO DE ELABORACIÓN DEL MOSTO.	15
C.2.1. <i>Molienda</i>	15
C.2.2. <i>Maceración</i>	15
C.2.3. <i>Filtración</i>	16
C.2.4. <i>Cocción</i>	16
C.2.5. <i>Clarificación del mosto</i>	16
C.2.6. <i>Enfriamiento</i>	16
C.3. FERMENTACIÓN Y MADURACIÓN.	17
C.3.1. <i>Fermentación</i>	17
C.3.2. <i>Separación de las levaduras</i>	17
C.3.3. <i>Maduración o guarda</i>	17
C.4. CLARIFICACIÓN, ESTABILIZACIÓN Y ENVASADO.	18
C.4.1. <i>Centrifugación</i>	18
C.4.2. <i>Filtrado</i>	18
C.4.3. <i>Abillantado</i>	18
C.4.4. <i>Carbonatación</i>	19
C.4.5. <i>Estabilización microbiológica</i>	19
C.4.5.1. <i>Preparación de envases</i>	19
C.4.6. <i>Envasado</i>	20
C.5. LIMPIEZA.	21
C.5.1. <i>Limpieza de equipos</i>	21
C.5.2. <i>Limpieza de instalaciones</i>	21
C.6. TRATAMIENTO DEL AGUA PARA EL PROCESO.	22
D. ANÁLISIS GENERAL DE LA CONTAMINACIÓN PRODUCIDA. OPERACIONES CON IMPACTO MEDIOAMBIENTAL SIGNIFICATIVO.....	23
E. TECNOLOGÍAS MÁS UTILIZADAS. DESCRIPCIÓN DE PROCESOS Y ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS PARA LAS OPERACIONES CONTAMINANTES	33
E.1. RECEPCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE MATERIA PRIMA.	33
E.2. TRANSPORTE DE LA MALTA.....	33
E.2.1. <i>Sistemas mecánicos</i>	33
E.2.2. <i>Sistemas neumáticos</i>	34
E.3. MOLIENDA.	34
E.3.1. <i>Molido en seco</i>	34
E.3.2. <i>Molido en húmedo</i>	34
E.4. MACERACIÓN.....	35
E.4.1. <i>Extracción por infusión</i>	35
E.4.2. <i>Extracción por decocción</i>	35
E.5. FILTRADO.	36
E.5.1. <i>Cuba-filtro</i>	36
E.5.2. <i>Filtros de mosto</i>	36
E.6. COCCIÓN.....	37
E.6.1. <i>Cocción atmosférica</i>	37
E.6.2. <i>Cocción a “baja presión”</i>	38
E.7. CLARIFICACIÓN DEL MOSTO.	40



E.8. FERMENTACIÓN	40
E.9. CLARIFICACIÓN DE LA CERVEZA	40
E.9.1. <i>Filtro de bujías</i>	41
E.9.2. <i>Filtros de placas</i>	41
E.10. ABRILLANTADO/ESTABILIZACIÓN COLOIDAL DE LA CERVEZA	42
E.10.1. <i>Filtros de cartón</i>	42
E.10.2. <i>Microfiltración tangencial</i>	42
E.11. ESTABILIZACIÓN MICROBIOLÓGICA	43
E.11.1. <i>Estabilización microbiológica antes de envasado</i>	43
E.11.1.1. Pasterizador flash.....	43
E.11.1.2. Ultrafiltración.	44
E.11.2. <i>Estabilización microbiológica después del envasado</i>	45
E.11.2.1. Túneles de pasterización.....	45
E.12. LIMPIEZA DE EQUIPOS	45
E.12.1. <i>Limpieza manual</i>	45
E.12.2. <i>Limpieza C.I.P.</i>	46
E.13. LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES.....	47
E.14. TRATAMIENTO DEL AGUA PARA EL PROCESO	48
E.14.1. <i>Desionización</i>	48
E.14.1.1. Intercambiadores de iones.	48
E.14.1.2. Osmosis inversa.....	49
E.14.1.3. Electrodiálisis.	50
F. FACTORES A CONSIDERAR EN LA DETERMINACIÓN DE MTD'S.	
METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE TECNOLOGÍAS.....	52
F.1. METODOLOGÍA.....	52
G. -MEJORES TÉCNICAS DISPONIBLES	58
G.1. RECEPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA	58
G.2. TRANSPORTE DE LA MALTA	59
G.3. FILTRACIÓN DEL MOSTO	60
G.4. COCCIÓN	61
G.5. CLARIFICACIÓN DEL MOSTO	63
G.6. FERMENTACIÓN	63
G.6.1. <i>Consumo energético</i>	63
G.6.1.1. Sistema de refrigeración directo.....	63
G.6.1.2. Sistema indirecto.....	64
G.6.2. <i>Emisión de CO₂</i>	66
G.6.3. <i>Limpieza de tanques</i>	68
G.7. SEPARACIÓN DE LEVADURAS	69
G.7.1. <i>Recuperación de la cerveza contenida en la levadura</i>	70
G.7.1.1. Filtración de Flujo Tangencial.	70
G.7.1.2. Sistemas tradicionales.	70
G.8. ESTABILIZACIÓN MICROBIOLÓGICA ANTES DEL ENVASADO.....	72
G.8.1. <i>Microfiltración</i>	72
G.8.2. <i>Pasterización flash</i>	72
G.9. ESTABILIZACIÓN MICROBIOLÓGICA DESPUÉS DEL ENVASADO	74
G.10. DESIONIZACIÓN DE AGUA DE PROCESO	75
G.10.1. <i>Osmosis inversa</i>	75
G.10.2. <i>Electrodiálisis</i>	75
G.11. LIMPIEZA DE EQUIPOS E INSTALACIONES	77
G.11.1. <i>Limpieza de equipos</i>	77
G.11.2. <i>Limpieza de superficies</i>	78
G.12. GESTIÓN DEL AGUA Y LA ENERGÍA	80
G.12.1. <i>Control del consumo de agua y energía en las principales etapas del proceso</i>	80
G.12.2. <i>Gestión integral del agua caliente</i>	81
G.12.3. <i>Recirculación del agua de los baños del túnel de pasterización</i>	82



<i>G.12.4. Recuperación de los vahos de cocción</i>	82
<i>G.12.5. Recuperación de condensados del sistema de vapor.....</i>	82
<i>G.12.6. Otros</i>	82
G.13. APROVECHAMIENTO DEL BIOGAS GENERADO EN LAS INSTALACIONES DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES.....	83
H. TÉCNICAS DISPONIBLES PARA EL TRATAMIENTO Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN.....	88
I. TÉCNICAS EMERGENTES	97
<i>I.I.1. Cocción.</i>	97
I.1.1.1. Sistemas de alta presión.....	97
<i>I.I.2. Estabilización – Filtración.....</i>	98
I.1.2.1. Microfiltración tangencial.....	98
J. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	99

Anexo I: Legislación aplicable al sector

Anexo II: Bibliografía



INDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Distribución geográfica de la cuota de ventas.	7
Figura 2.- Distribución de las fábricas de cerveza en España.	8
Figura 3.- Diagrama temperatura-tiempo para el sistema de cocción atmosférica (adaptado de s. Duro, 1991)	37
Figura 4.- Diagrama temperatura-tiempo para el sistema de cocción a baja presión (adaptado de s. Duro, 1991)	38
Figura 5.- Recuperación de calor de los vahos de cocción	39
Figura 6.- Pasteurizador flash.	44
Figura 7.- Sistema de limpieza c.i.p.	46
Figura 8.- Sistema de ósmosis inversa.	50
Figura 9.- Esquema de funcionamiento del sistema de electrodialisis.	50
Figura 10.- Consumo de energía requerido en la electrodialisis en función de la cantidad de sólidos disueltos.	51
Figura 11.- Diagrama típico de un sistema de refrigeración directo (adaptado de: brewery utilities, 1997)	64
Figura 12.- Diagrama típico de un sistema de refrigeración indirecto (adaptado de: brewery utilities, 1997)	65
Figura 13.- Consumo eléctrico en los sistemas de refrigeración directos e indirectos en función de la temperatura ambiente (adaptado de brewery utilities, 1997)	66
Figura 14.- Túnel de pasterización con recirculación de agua.	74

INDICE DE TABLAS

TABLA 1. PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE CERVEZA EN LA UNIÓN EUROPEA.....	5
(FUENTE: CERVECEROS DE ESPAÑA. AÑO 1999)	
TABLA 2. EL CONSUMO DE CERVEZA EN ESPAÑA.....	6
(FUENTE: CERVECEROS DE ESPAÑA)	
TABLA 3. PORCENTAJE DE UTILIZACIÓN DE CADA TIPO DE ENVASE. (FUENTE CERVECEROS DE ESPAÑA).....	7
TABLA 4. FÁBRICAS DE LAS COMPAÑÍAS CERVECERAS DE ESPAÑA. (FUENTE: CERVECEROS DE ESPAÑA)	8
TABLA 5. DATOS DEL SECTOR EN 1999. (FUENTE CERVECEROS DE ESPAÑA)	10
TABLA 6. DISTRIBUCIÓN DEL CONSUMO ELÉCTRICO DENTRO DEL PROCESO PRODUCTIVO (FUENTE: ENERGÍA EN FÁBRICAS DE CERVEZA Y MALTA, CERVEZA Y MALTA 1993).....	24
TABLA 7. CONSUMOS MEDIOS DE ELECTRICIDAD Y COMBUSTIBLE EN FUNCIÓN DEL TAMAÑO DE LA EMPRESA (FUENTE: DATOS SECTOR, ENERGÍA EN FÁBRICAS DE CERVEZA Y MALTA, CERVEZA Y MALTA 1993).....	25
TABLA 8. CONSUMO DE MATERIALES AUXILIARES	25
TABLA 9. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LAS AGUAS DE LIMPIEZA DE LAS ETAPAS DE PROCESO.....	26
TABLA 10. CARACTERÍSTICAS APROXIMADAS DE ALGUNOS RESIDUOS LÍQUIDOS GENERADOS EN LA INDUSTRIA CERVECERA (FUENTE: ENVIRONMENTAL MANAGEMENT IN THE BREWING INDUSTRY, 1996).....	27
TABLA 11. INDICADORES DE CONSUMO QUE DEBERÍAN CONTROLARSE EN LAS PRINCIPALES OPERACIONES (FUENTE: ENVIRONMENTAL MANAGEMENT IN THE BREWING INDUSTRY)	81
TABLA 12. VALORES APROXIMADOS DE REFERENCIA PARA ALGUNOS PARÁMETROS DE LAS AGUAS RESIDUALES EN LAS CERVECERÍAS (FUENTE: ENVIRONMENTAL MANAGEMENT IN BREWING INDUSTRY).....	91