

**GUIA PARA EL CONTROL Y PREVENCION DE LA  
CONTAMINACION INDUSTRIAL**

**FABRICACION DE LEVADURAS**

**SANTIAGO  
MARZO 1998**

## INDICE

Página

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Presentación</b>   | <b>3</b>  |
| <b>1. INTRODUCCION</b>  | <b>4</b>  |
| <b>2. ANTECEDENTES DE PRODUCCION</b>  | <b>5</b>  |
| 2.1 ESTADÍSTICAS DE PRODUCCIÓN  | 5         |
| 2.2 PROCESO DE PRODUCCIÓN   | 5         |
| <b>3. GENERACION DE RESIDUOS Y ASPECTOS AMBIENTALES</b>                                       | <b>8</b>  |
| 3.1 IDENTIFICACIÓN DE LAS FUENTES GENERADORAS DE IMPACTO                                      | 8         |
| 3.2 ESTIMACIÓN GLOBAL DE RESIDUOS Y SU IMPACTO AMBIENTAL                                      | 9         |
| <b>4. PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS</b>                           | <b>14</b> |
| 4.1 MEDIDAS DE PREVENCIÓN   | 14        |
| 4.2 IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL   | 15        |
| <b>5. METODOS PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN (END OF PIPE)</b>                           | <b>16</b> |
| 5.1 TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS INDUSTRIALES LÍQUIDOS                              | 16        |
| 5.1.1 <i>Pre-tratamiento</i>  | 16        |
| 5.1.2 <i>Tratamiento físico-químico</i>   | 16        |
| 5.1.3 <i>Tratamientos biológicos</i>  | 17        |
| 5.2 SISTEMAS DE CONTROL DE EMISIONES DE COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES                        | 22        |
| 5.3 CONTROL DE RUIDOS   | 22        |
| <b>6. ASPECTOS FINANCIEROS DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN</b>                    | <b>24</b> |
| 6.1 INDICADORES DE COSTOS Y BENEFICIOS DEL USO DE TECNOLOGÍAS LIMPIAS Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN | 24        |
| 6.2 INDICADORES DE COSTOS Y BENEFICIOS DE MEDIDAS DE CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN              | 24        |
| 6.2.1 <i>Sistemas de tratamiento de residuos industriales líquidos</i>                        | 24        |
| 6.2.2 <i>Sistemas de control para emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV)</i>       | 26        |
| 6.2.3 <i>Reducción de ruidos</i>  | 27        |
| 6.3 INSTRUMENTOS FINANCIEROS DE APOYO A LA GESTIÓN AMBIENTAL                                  | 27        |
| <b>7. SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL</b>   | <b>29</b> |
| 7.1 IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES Y LABORALES   | 29        |
| 7.2 MEDIDAS PREVENTIVAS RECOMENDADAS  | 30        |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>8. LEGISLACION Y REGULACIONES AMBIENTALES APLICABLES A LA INDUSTRIA.....</b>                     | <b>31</b> |
| 8.1 NORMATIVAS QUE REGULAN LA LOCALIZACIÓN DE LAS INDUSTRIAS .....                                  | 31        |
| 8.2 NORMATIVAS QUE REGULAN LAS EMISIONES ATMOSFÉRICAS.....  | 32        |
| 8.3 NORMATIVAS QUE REGULAN LAS DESCARGAS LÍQUIDAS.....  | 34        |
| 8.4 NORMATIVAS APLICABLES A LOS RESIDUOS SÓLIDOS.....   | 36        |
| 8.5 NORMATIVAS APLICABLES A LOS RUIDOS.....   | 37        |
| 8.6 NORMATIVAS DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL.....  | 37        |
| 8.7 NORMAS REFERENCIALES DEL INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN .....                              | 41        |
| 8.7.1 Normas relativas al agua.....   | 41        |
| 8.7.2 Normativas de salud y seguridad ocupacional .....   | 42        |
| <b>9. PROCEDIMIENTOS DE OBTENCION DE PERMISOS (AUTORIZACIONES), CONTENIDO Y FISCALIZACION .....</b> | <b>44</b> |
| 9.1 PERMISOS PARA LA LOCALIZACIÓN DE INDUSTRIAS.....  | 44        |
| 9.2 PERMISOS PARA LA OBTENCIÓN DE LA CALIFICACIÓN TÉCNICA .....                                     | 45        |
| 9.3 PERMISO MUNICIPAL DE EDIFICACIÓN .....  | 45        |
| 9.4 INFORME SANITARIO .....   | 46        |
| 9.4.1 Actividad, proceso y establecimiento .....  | 47        |
| 9.4.2 Instalaciones sanitarias.....   | 47        |
| 9.4.3 Instalaciones de energía.....   | 47        |
| 9.4.4 Equipos de vapor, agua caliente y radiación ionizante.....                                    | 47        |
| 9.4.5 Operadores calificados .....  | 48        |
| 9.4.6 Organización de prevención de riesgos para los trabajadores.....                              | 48        |
| 9.5 PATENTE MUNICIPAL.....  | 48        |
| 9.6 ANTECEDENTES GENERALES DE CUMPLIMIENTO .....  | 48        |
| 9.6.1 Residuos industriales líquidos.....   | 49        |
| 9.6.2 Residuos industriales sólidos .....   | 49        |
| 9.6.3 Emisiones atmosféricas.....   | 49        |
| 9.6.4 Organización de prevención de riesgos para los trabajadores.....                              | 49        |
| <b>10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>  | <b>50</b> |
| <b>11. BIBLIOGRAFIA.....</b>  | <b>52</b> |

## PRESENTACION

La Región Metropolitana de la República de Chile concentra la mayor parte de la actividad económica del país. La base industrial de la región es diversa, incluyendo rubros tan variados como alimentos, textiles, productos químicos, plásticos, papel, caucho y metales básicos. Sin embargo, el rápido crecimiento económico e industrial ha traído consigo serios problemas de contaminación ambiental, como la polución de aire, agua y suelo.

Comprometido con formular y desarrollar una política ambiental tendiente a resolver estos problemas, el Gobierno de Chile ha creado un marco legal e institucional que incluye, entre otros, planes y programas de cooperación internacional. En este marco, y con el propósito de promocionar un desarrollo industrial sustentable, el Gobierno de los Países Bajos (Holanda), a través de su Ministro para la Cooperación Internacional, aprobó una donación al Gobierno Chileno, para realizar dos programas de asistencia técnica, denominados: “Manejo de un Plan de Gestión Ambiental, Segunda Etapa” y “Fiscalización, Control de la Contaminación y Gestión Ambiental en la Región Metropolitana”. Estos programas incluyeron un proyecto titulado: “Guías Técnicas para el Control y Prevención de la Contaminación Industrial”, desarrollado entre los años 1994 y 1997.

El objetivo principal de estas guías, a ser distribuidas a todas las empresas de cada rubro estudiado, es orientar al sector en materia ambiental, entregándole herramientas de prevención y control de la contaminación. A su vez, pretende contribuir a las actividades de fiscalización que realiza la Autoridad, optimizando la calidad de las mismas, si bien las guías en sí no son un instrumento fiscalizable.

Los rubros industriales prioritarios para la Región Metropolitana se seleccionaron en base a criterios, tales como la representatividad dentro del sector manufacturero y los impactos ambientales que generan.

El presente documento entrega una reseña sobre los impactos ambientales provocados por los residuos generados por la industria de levaduras. A su vez, identifica las medidas de prevención de los potenciales impactos; los métodos de control de la contaminación (end of pipe) recomendados, los costos asociados; y los aspectos relacionados con la seguridad y salud ocupacional. Como marco legal, entrega la información referente a la normativa medioambiental vigente en el país, y los procedimientos de obtención de permisos requeridos por la industria.

En la elaboración de las guías han participado consultores nacionales, con la asesoría experta de la empresa Holandesa BKH Consulting Engineers. Como contraparte técnica del proyecto han participado las siguientes instituciones: CONAMA, SuperIntendencia de Servicios Sanitarios, Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente, Departamento Programa sobre el Ambiente del Ministerio de Salud y las Asociaciones de Industriales de cada rubro estudiado. La coordinación general del proyecto estuvo a cargo de la CONAMA, Dirección Región Metropolitana. La presente guía para el control y prevención de la contaminación industrial en el rubro fabricación de levaduras, ha sido elaborada por la Unidad de Residuos de la CONAMA RM, en base a un estudio realizado por la empresa consultora SERPRAM.

## 1. INTRODUCCION

Los dos principales tipos de levaduras panaderas que se producen a nivel mundial son la levadura fresca y la levadura seca. En general la levadura fresca se utiliza en panaderías y la levadura seca se utiliza a nivel doméstico.

La levadura fresca contiene un 70% de humedad y su duración aproximada es de 1 mes. Dentro de las levaduras secas se distinguen dos tipos diferentes, la levadura seca instantánea, y la levadura seca activa o tradicional. La levadura seca instantánea se produce a partir de una cepa más reactiva que la utilizada en la levadura activa; contiene un 5% de humedad, tiene una duración de 24 meses y se adiciona directamente a la harina. La levadura seca activa o tradicional contiene un 8% de humedad, una duración de 12 meses, y debe ser disuelta en agua caliente antes de su uso.

El proceso de producción consiste básicamente en la propagación de la levadura adecuada (*Saccharomyces cerevisiae*) en un sustrato de melaza, sales minerales y vitaminas.

En nuestro país se produce tanto levadura fresca y como levadura seca, ésta última principalmente para exportación. La producción se concentra en cuatro establecimientos, a lo largo del país.

## 2. ANTECEDENTES DE PRODUCCION

### 2.1 ESTADÍSTICAS DE PRODUCCIÓN

Existen en el país cuatro productores de levadura fresca y seca, tres de los cuales se encuentran en la Región Metropolitana, y uno en Valdivia, Décima Región. Adicionalmente, existen dos comercializadores de levadura seca instantánea. Los tres mayores productores son además exportadores de levaduras frescas y levaduras secas.

En base a antecedentes dados por los propios productores, tomando en cuenta la proporción de cada tipo de levadura producida, se estimó la producción nacional de levadura en el año 1996 en 34.900 toneladas, expresadas como levadura fresca al 30% de sólidos, lo cual corresponde a 10.470 toneladas de levadura en base seca. De esta producción, aproximadamente 26.500 toneladas se producen en la Región Metropolitana, que equivale a 7.950 toneladas/año de levadura en base seca. Con respecto a las exportaciones, se estima que se exportan aproximadamente 5.000 toneladas anuales de levadura, expresada como levadura seca, a un precio aproximado de US\$ 2 el kilo.

### 2.2 PROCESO DE PRODUCCIÓN

La primera etapa de la producción de levadura consiste en el crecimiento o propagación del cultivo puro de células de levadura en una serie de reactores de fermentación. La levadura es recuperada del último fermentador utilizando un separador centrífugo para concentrarla. La levadura es sometida por un tiempo de treinta minutos a una mezcla de salmuera con el fin de mejorar la deshidratación, posteriormente la levadura será sometida a uno o más lavados y a otro separador centrífugo. La levadura se mezcla con salmuera antes de ser filtrada, generalmente se deja así por unos treinta minutos. Luego se lava en filtro rotatorio con agua helada para retirar la sal que se le agregó con el fin de mejorar la deshidratación. La levadura sólida es entonces filtrada en filtros prensa, o en filtros rotatorios al vacío, para obtener una mayor concentración. El queque de levadura filtrada se mezcla posteriormente con pequeñas cantidades de agua, emulsificantes y aceites. La levadura mezclada pasa posteriormente a extrusión, corte y embalaje, o secado en el caso de levadura seca. En la figura N° 2.1 se presenta un esquema del proceso que se detalla a continuación (Ref. 1).

#### a. *Materias primas*

Las principales materias primas usadas en la fabricación de levadura panadera son el cultivo puro de levadura y la melaza. La cepa de levadura utilizada para producir la levadura fresca es la *Saccharomyces cerevisiae*. La melaza de caña de azúcar y de remolacha son las principales fuentes de carbono que promueven el crecimiento de la levadura. La melaza contiene entre 45 a 55% en peso de azúcares fermentables, en forma de sacarosa, glucosa y fructuosa.

La cantidad y tipo de melaza que se utiliza depende de la disponibilidad de cada tipo de melaza, los costos, y la presencia de inhibidores y toxinas. Generalmente, en la fermentación se utiliza una mezcla de los dos tipos de melaza. Una vez que se mezclan, se ajusta el pH entre 4,5 y 5,0 porque una mezcla alcalina promueve el crecimiento de bacterias. El crecimiento de bacterias ocurre bajo las mismas condiciones que el crecimiento de la levadura, y esto hace que el monitoreo del pH sea muy importante. La melaza es clarificada, con el fin de eliminar cualquier impureza; luego el mosto (melaza clarificada y diluída con el pH ajustado) se esteriliza con vapor a alta presión. Después de la esterilización, se diluye con agua y se mantiene en un estanque hasta que se necesite en el proceso de fermentación.

La producción de levadura requiere además de una variedad de nutrientes esenciales y vitaminas. Entre los nutrientes y minerales necesarios están el nitrógeno, potasio, fosfato, magnesio, y calcio; y trazas de hierro, cinc, cobre, manganeso, y molibdeno. Normalmente, el nitrógeno es suministrado mediante sales de amonio, el fosfato y el magnesio en las formas de ácido fosfórico y sales de magnesio. Las vitaminas utilizadas en la producción de levadura son la biotina, inositol, ácido pantoténico y tiamina.

En nuestro país, se utiliza principalmente melaza de remolacha proveniente de la industria de azúcar remolachera nacional. No se tiene contemplado en el corto plazo la incorporación de remolacha de caña. En cuanto a los nutrientes y minerales se utilizan como fuente de nitrógeno principalmente sulfato de amonio y urea; y como fuente de fósforo se utiliza fosfato diamónico y ácido fosfórico.

#### *b. Fermentación*

La levadura crece en una serie de fermentadores. Estos fermentadores son operados bajo condiciones aeróbicas (en presencia de oxígeno libre o exceso de aire), puesto que bajo condiciones anaeróbicas (limitación o ausencia de oxígeno) los azúcares fermentables son consumidos en la formación de etanol y dióxido de carbono, lo cual resulta en bajos rendimientos de levadura. Este proceso de fermentación aeróbico es exotérmico, lo cual implica que el fermentador debe ser enfriado para mantener la temperatura bajo 30°C, mediante agua de refrigeración, consiguiendo así la temperatura óptima de crecimiento.

La etapa inicial del crecimiento de la levadura tiene lugar en el laboratorio. Una porción de cepas de levadura (levadura madre) se mezcla con el mosto de la melaza en frascos esterilizados, y se deja crecer por 2 a 4 días. El contenido completo del frasco se usa para inocular el primer fermentador en la etapa del cultivo puro (siembra inicial). La fermentación del cultivo puro se realiza en fermentadores batch donde la levadura crece por un período de 13 a 24 horas; es usual que se usen dos fermentadores en esta etapa.

A continuación, el cultivo puro fermentado, o levadura de siembra, es transferido a un fermentador intermedio, y posteriormente pasa a la etapa de la fermentación “stock”, donde se aumenta la alimentación con una buena aireación. Esta etapa es llamada “stock”, porque después que la fermentación se completa, la levadura es separada del medio de cultivo por centrifugación, produciendo la levadura “stock” para la próxima etapa. En esta nueva etapa, denominada fermentación “pitch”, se realiza una aireación fuerte y se incrementa la adición de melaza y

nutrientes, y se produce la levadura “pitch” para la última etapa de la fermentación. Alternativamente, la levadura producida en esta etapa se puede centrifugar y almacenar por varios días antes de ser utilizada en la última etapa de fermentación (“trade fermentation”).

La etapa final de la fermentación tiene el grado de aireación más alta, y se incrementa la alimentación de melaza y nutrientes. Esta etapa tiene una duración que varía entre 11 y 15 horas. Después que toda la melaza y los nutrientes son adicionados, el líquido es aireado por un período adicional de 0,5 a 1 hora para permitir la total maduración de la levadura, permitiendo así una mayor estabilidad para el almacenamiento refrigerado.

El volumen de crecimiento de la levadura en las etapas principales descritas anteriormente, aumenta con cada etapa. El crecimiento de la levadura es en general de 120 kilos en el fermentador intermedio, 420 kilos en el fermentador “stock”, 2.500 kilos en el fermentador “pitch”, y 15.000 a 100.000 kilos en el fermentador final (Ref.1).

La secuencia de las distintas etapas de fermentación varía entre los diferentes productores. En general la mitad de las operaciones existentes, a nivel mundial, utilizan dos etapas, y las restantes utilizan las cuatro etapas. Cuando se usan sólo dos etapas, las fermentaciones a continuación de la etapa de cultivo puro (siembra inicial) son las fermentaciones “stock” y la final “trade”.

### *c. Cosecha y embalaje*

Una vez que se ha alcanzado el crecimiento óptimo de levadura, ésta es recuperada desde el fermentador final mediante separación centrífuga. Luego la levadura se lava en un filtro rotatorio con agua helada para retirar la sal agregada antes de filtrar para obtener una mejor deshidratación. Posteriormente la levadura sólida es concentrada mediante filtros prensa o filtros rotatorios al vacío. Un filtro prensa entrega un queque con un porcentaje de sólidos que fluctúa entre 27 a 32 %, y un filtro rotatorio al vacío da un queque con aproximadamente 33% de sólidos. El queque filtrado es posteriormente mezclado con pequeñas cantidades de agua, emulsificantes y aceites, para darle la forma del producto final. Las etapas finales de embalaje, como se describen a continuación, varían dependiendo del tipo de producto final.

En la producción de levadura fresca, se agregan sustancias emulsionantes para darle a la levadura una apariencia cremosa y blanca. También se adiciona una cantidad de aceite, generalmente de soya, para ayudar a la formación de una banda continua de levadura a través de los extrusores. Posteriormente esta banda se corta, y la levadura es envuelta y enfriada bajo 8 C, hasta su despacho en camiones refrigerados.

En la producción de levadura seca, el producto es enviado a los extrusores después de la filtración, donde se adicionan sustancias emulsionantes y aceites (diferentes de aquellos usados en la levadura fresca) para texturizar la levadura y para ayudar a la extrusión. Después que la levadura es extruida en bandas finas, se seca en sistemas de secado batch o continuos. A continuación, la levadura es empaquetada al vacío bajo una atmósfera de nitrógeno, antes del sellado en caliente. La levadura seca, tanto activa como instantánea, se conserva a temperatura ambiente entre uno a dos años.

### 3. GENERACION DE RESIDUOS Y ASPECTOS AMBIENTALES

#### 3.1 IDENTIFICACIÓN DE LAS FUENTES GENERADORAS DE IMPACTO

La producción de levadura para panificación genera principalmente cantidades significativas de residuos líquidos, emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COVs) responsables de los olores, y ruidos. Los denominados compuestos orgánicos volátiles (COVs) son generados principalmente como subproductos del proceso de fermentación, y están conformados básicamente por etanol y acetaldehído.

Las fuentes responsables de estas emisiones son:

- *Descarga de residuos líquidos*
  - ⇒ Aguas de proceso provenientes de la separación del mosto de levadura y posterior lavado (centrifugación), y del sistema de filtrado para generar levadura 30% materia seca (filtros rotatorios o filtros prensa).
  - ⇒ Agua de refrigeración.
  - ⇒ Descargas eventuales de productos que no cumplen con requerimientos de calidad, con una alta carga contaminante.
  - ⇒ Aguas de lavado y desinfección de maquinarias y lugares de trabajo.
  - ⇒ Aguas de baños, duchas y casino.
- *Emisiones atmosféricas*
  - ⇒ Partículas y gases de combustión generadas por calderas.
  - ⇒ Compuestos orgánicos volátiles (COV) proveniente de los fermentadores, de la etapa de secado final de la levadura, y de las eventuales plantas de tratamiento de residuos industriales líquidos.
  - ⇒ Olores provenientes en general de toda la línea del proceso.
- *Generación de ruidos y vibraciones*
  - ⇒ Compresores de aire para fermentadores.
  - ⇒ Centrifugas de separación de sólidos.
- *Generación de residuos sólidos*
  - ⇒ Barro (arerillas de cuarzo y otros) proveniente de la clarificación y limpieza del tanque mezclador de melaza.
  - ⇒ Envases de cartón (retirados por empresa de aseo).
  - ⇒ Aceites usados (entregados a terceros).
  - ⇒ En caso de calderas a carbón se genera negro de humo y escorias (entregados a terceros).

### 3.2 ESTIMACIÓN GLOBAL DE RESIDUOS Y SU IMPACTO AMBIENTAL

#### *Residuos industriales líquidos*

- Características de los residuos líquidos

La producción de levadura, como se indicó anteriormente, incluye varios procesos como la preparación de la melaza, la fermentación, la separación de la levadura y el secado. En varias etapas del proceso, y también para efectos de limpieza, se utilizan productos químicos entre los cuales están el ácido sulfúrico, ácido fosfórico, mono fosfato de amonio, hidróxido de amonio, soda cáustica, hipoclorito de sodio y sales.

Los residuos líquidos con alta concentración de carga contaminante son generados en el proceso de separación de la levadura y en el filtro rotatorio al vacío. En adición a estos efluentes, se producen residuos líquidos con mediana y baja carga de contaminantes producto de los sistemas de limpieza con agua de los equipos y pisos. Están presentes además las aguas de refrigeración y las aguas domésticas.

Con respecto a la industria nacional, si bien no existen datos específicos sobre el consumo de agua en las distintas etapas del proceso, se puede estimar que en los procesos de separación y lavado de levadura se consume aproximadamente el 50% del total de agua.

Por otro lado, cuando se habla de carga alta de contaminantes, la demanda química de oxígeno (DQO) varía entre 10.000 a 30.000 mg/lit; la carga baja tiene un promedio de DQO de 1.700 mg/lit. Los residuos líquidos producidos por la fabricación de levaduras no son tóxicos, pero contienen además de la carga de DQO, nitrógeno, fósforo y sulfatos (Ref. 4).

En la Tabla N 1, se presentan las características tipos de un agua residual de una industria de levadura según la literatura especializada alemana (Ref. 4). Por otro lado, en nuestro país las normas de emisión vigentes, indican que para la producción de levadura los residuos industriales líquidos deben cumplir con los límites detallados en la Tabla N 2.

**TABLA N° 1: Calidad de agua residual en la producción de levadura.**

| Parámetro   | Unidad                      | Contenidos                                |
|---|-----------------------------|---|
| Color   |                             | Entre café y café oscuro                  |
| Olor  |                             | Después de la fermentación de la levadura |
| Volumen de residuo                                | m <sup>3</sup> /t de melaza | 10 a 40                                   |
| Sólidos sedimentables                             | ml/lit                      | 0 a 5                                     |
| pH  |                             | 4,8 a 6,5                                 |
| Demanda química de oxígeno (DQO)                  | mg/lit                      | 5.000 a 25.000                            |
| Carga específica de DQO                           | kg/t de melaza              | 160 a 265 (*)                             |
| Demanda bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> ) | mg/lit                      | 3.500 a 18.000                            |
| Carga específica de DBO <sub>5</sub>              | kg/t de melaza              | 120 a 220                                 |
| Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )         | mg/lit                      | 600 a 1.200                               |
| Nitrógeno total                                   | mg/lit                      | 500 a 1.200                               |
| Fósforo total                                     | mg/lit                      | 10 a 50                                   |
| Potasio   | mg/lit                      | 100 a 2.000                               |

(\*) Melaza de calidad: 180 a 210 kg/t  
 Melaza de Quentín: 220 a 245 kg/t  
 La DQO específica depende del tipo de melaza utilizado  
 Fuente: H. Rüffer, Alemania

**TABLA N° 2: Normas Chilenas de emisión para la producción de levaduras.**

| Parámetro                        | Unidad | Límite Máximo |         |         |
|----------------------------------|--------|---------------|---------|---------|
|                                  |        | (1)           | (2)     | (3)     |
| Demanda bioquímica oxígeno (DBO) | mg/lit | (*)           | (**)    | 200     |
| pH                               | -      | 5,5-9,0       | 5,5-9,0 | 5,5-9,0 |
| Sólidos suspendidos              | mg/lit | 300           | 100     | 100     |
| Sólidos disueltos                | mg/lit | -             | -       | -       |
| Sulfatos                         | mg/lit | 1.000         | 1.000   | 400     |
| Nitrógeno                        | mg/lit | 80            | 10      | -       |
| Fósforo                          | mg/lit | 10            | 1       | -       |

**Normas:**

(1): Vertido de RILES a sistema de recolección de aguas servidas (Norma Chilena Oficial N°2280/96)

(2): Vertido de RILES a cursos de agua superficiales

(3): Vertidos de RILES directo a pozos de infiltración

(\*): carga mensual debe ser menor o igual a 0,3 g/lit

(\*\*): según tasa de dilución del cuerpo receptor

- Estimación de las emisiones de residuos líquidos

Si se toman en cuenta los antecedentes dados por la literatura, y los antecedentes recopilados en las visitas a las industrias, se pueden estimar algunos parámetros sobre la generación de RILES de la industria nacional de levadura, las cuales se indican en Tabla N° 3:

**TABLA N° 3: Análisis comparativo de los residuos líquidos de la industria de levadura en Chile**

| <b>Industria</b> | <b>Volumen de Residuos</b><br>m <sup>3</sup> /t de melaza<br>(esperado según Tabla 1: 10 a 40) | <b>DBO<sub>5</sub></b><br>kg/t de melaza<br>(esperado según Tabla 1: 120 a 220) |
|------------------|--|---|
| Industria 1      | 110  | 390   |
| Industria 2      | 50   | 144   |
| Industria 3      | 102  | -   |
| Industria 4      | 12   | 88-105  |

Estos resultados permiten preliminarmente indicar que dos de las industrias cuentan con una generación importante de residuos y de carga orgánica; y las otras dos industrias restantes cuentan con parámetros esperados para este tipo de proceso, de acuerdo a los antecedentes de la Tabla N°1 (Ref. 4).

Con respecto a la estimación global de generación de residuos líquidos, la Organización Mundial de la Salud (Ref. 2), entrega los siguientes factores de emisión para la producción de levadura para panificación:

**TABLA N° 4: Factores de emisión de residuos líquidos para la producción de levadura.**

| <b>Parámetro</b>              | <b>Unidad</b>                 | <b>Contenidos</b> |
|-------------------------------|-------------------------------|-------------------|
| Volumen de residuo            | m <sup>3</sup> /t de levadura | 150               |
| Demanda bioquímica de oxígeno | kg/t                          | 1.125             |
| Sólidos suspendidos           | kg/t                          | 18,7              |
| Sólidos disueltos totales     | kg/t                          | 2.250             |
| Aceites y grasas              | kg/t                          | 127,5             |
| Sulfatos                      | kg/t                          | 337               |

Fuente: OMS

Si se tiene en cuenta la producción de levadura en la Región Metropolitana detallada en el punto 2, se tienen las siguientes estimaciones de los residuos industriales líquidos generados globalmente por la industria de levadura:

**TABLA N° 5: Estimación de la emisión de residuos líquidos generados por la producción de levadura en la Región Metropolitana**

| Parámetro                     | Unidad              | Emisión   |
|-------------------------------|---------------------|-----------|
| Volumen de residuo            | m <sup>3</sup> /año | 1.192.500 |
| Demanda bioquímica de oxígeno | t/año               | 8.943     |
| Sólidos suspendidos           | t/año               | 149       |
| Sólidos disueltos totales     | t/año               | 17.888    |
| Aceites y grasas              | t/año               | 1.013     |
| Sulfatos                      | t/año               | 2.679     |

Nota: Producción estimada levadura Región Metropolitana (1996): 7.950 toneladas/año base seca

### *Emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles*

- Características de las emisiones de COVs

Las emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV) son generados principalmente como subproductos del proceso de fermentación. Los dos principales COVs son el etanol y el acetaldehído. Otros subproductos son alcoholes, tales como el butanol, alcohol isopropilo, 2,3-butanodiol, ácidos orgánicos, y acetatos. De acuerdo a datos de emisiones, aproximadamente entre el 80 y 90% del total de las emisiones de COV es etanol, y el restante 10 a 20% consisten de otros alcoholes y acetaldehído. El acetaldehído es un contaminante atmosférico considerado peligroso.

Los subproductos volátiles se formarán como resultado, tanto del exceso de azúcar (melaza) presente en el fermentador, como del suministro insuficiente de oxígeno. Bajo estas condiciones, ocurre una fermentación anaeróbica, utilizándose el exceso de azúcar en la producción de alcohol y dióxido de carbono; de esta forma aumenta la generación de alcohol, y disminuye el rendimiento en levadura. Es por ello, que para los productores de levadura es esencial suprimir la formación de etanol en las últimas etapas de la fermentación, alimentando al fermentador con una mezcla de melaza con suficiente oxígeno.

La velocidad de formación del etanol es más alta en las primeras etapas de la fermentación (cultivo puro), ya que es en estas primeras etapas donde se presentan excesos de azúcar y menor aireación. Sin embargo para los productores es poco rentable implementar sistemas de control de proceso en estas primeras etapas, puesto que desde el punto de vista de la producción el mayor crecimiento se produce en la etapa final de fermentación; y es allí donde se controlan básicamente las distintas variables del proceso.

Otra potencial fuente de emisiones de COVs son las plantas de tratamiento de residuos industriales líquidos. Si no se utilizan sistemas de tratamiento biológico anaeróbicos, se pueden emitir cantidades significativas de COVs en esta etapa del proceso.

Finalmente, el proceso de secado para la producción de levadura seca, puede emitir también COVs, pero no se cuenta con información para cuantificar este tipo de emisiones.

- Estimación de las emisiones de COVs

En base a los factores de emisión desarrollados por la Environmental Protection Agency de U.S.A. (Ref.1), se pueden estimar las emisiones de COVs generadas por la producción de levadura. En la Tabla N° 6 se entregan los factores de emisión para los procesos típicos de obtención de levadura con un moderado grado de control.

**TABLA N° 6: Factores de Emisión para la Producción de Levadura (EPA)**

| <b>Fuente de Emisión</b> | <b>COV Emitido por Etapa por Cantidad de Levadura Producida, en A Etapa</b><br>kg COV/tonelada levadura |
|--------------------------|---|
| Etapas de Fermentación   |   |
| • Vasos (F1)             | N.D.  |
| • Cultivo Puro (F2/F3)   | N.D.  |
| • Intermedio (F4)        | 18  |
| • Stock (F5)             | 2,5   |
| • Pitch (F6)             | 2,5   |
| • Final (F7)             | 2,5   |

N.D.: no hay datos

Para utilizar los factores de emisión para cada uno de los fermentadores, se debe conocer la cantidad de levadura que se produce en cada uno. Sin embargo, se puede tener una estimación razonable en base al factor de emisión del fermentador final “trade” y la producción total de levadura de la industria.

Dentro de los principales factores que afectan las emisiones son la producción total de la industria y el grado de control de proceso que utilizan. Tomando en cuenta estos antecedentes, y con la información que se cuenta a la fecha de la producción de levadura, se tiene:

Producción estimada de levadura en la Región Metropolitana (1996): 7.950 ton/año (base seca)

Factor de emisión fermentador final (F7 en Tabla N° 6): 2,5 kg COV/t levadura

Emisión estimada de COVs en Región Metropolitana: 19.875 kg/año

Cabe hacer notar que las emisiones de compuestos orgánicos volátiles no se encuentran normados para la Región Metropolitana. El estudio de estas normas y su implementación se estima que estarán definidos en dos años más.

## 4. PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS

### 4.1 MEDIDAS DE PREVENCIÓN

#### *Residuos industriales líquidos*

Las medidas de prevención o reducción de los residuos industriales líquidos recomendados para los productores de levaduras, son (Ref. 1, 4, 13):

- ⇒ Segregación de los residuos líquidos muy concentrados (las aguas de separación de la levadura y de lavado), especialmente las aguas de refrigeración y las domésticas.
- ⇒ Implementación de sistemas de lavado de la levadura, con recirculación de las aguas del último lavado.
- ⇒ Recirculación de las aguas de enfriamiento, así como también se pueden reutilizar aguas como las de lavado de las centrífugas para diluir la melaza.
- ⇒ Separar las aguas lluvias de las descargas de residuos industriales líquidos.
- ⇒ Evitar el contacto de los efluentes del proceso con las aguas de refrigeración y las aguas lluvias, llevando una mantención periódica del sistema de válvulas y cañerías.
- ⇒ Utilización de materia prima más pura o limpia que la melaza (por ejemplo sacarosa). Sin embargo a pesar de ser una buena solución tiene la desventaja de ser más costoso.
- ⇒ Utilización de ácido clorhídrico en lugar de ácido sulfúrico. Tiene el inconveniente de presentar un gran poder corrosivo.
- ⇒ Aprovechamiento al máximo del mosto (melaza).
- ⇒ Reducción de las pérdidas de producto en la línea del proceso. Implementación de un programa de mantención de los equipos, válvulas, etc.
- ⇒ Operación de los equipos y máquinas a las temperaturas y flujos correctos.
- ⇒ Pre-limpieza seca de los filtros y máquinas de embalajes, para que las pérdidas de levadura no lleguen a las aguas residuales en la etapa de limpieza de los equipos.
- ⇒ Minimización del consumo de agua para la limpieza utilizando sistemas de alto rendimiento (agua a presión).
- ⇒ Implementación del sistema CIP (*clean in place*) como método de limpieza.
- ⇒ Implementar un adecuado programa de limpieza, reduciendo la frecuencia de la misma.

#### *Emisiones de compuestos orgánicos volátiles*

Las emisiones de compuestos orgánicos volátiles, se pueden prevenir o reducir evitando la producción de etanol con un estricto control del proceso. Este control puede incluir las siguientes medidas de control de acuerdo a la literatura especializada (Ref.1):

- ⇒ Alimentación gradual a los fermentadores de la mezcla de melaza, de manera de evitar la presencia del exceso de azúcar.
- ⇒ Suministrar suficiente oxígeno a los fermentadores para optimizar el contenido de oxígeno disuelto en el líquido del fermentador.

- ⇒ Tener un diseño y operación adecuados del sistema de aireación y agitación mecánica del fermentador, para que la distribución del oxígeno sea la óptima. La distribución del oxígeno a la mezcla de malta es crítico.
- ⇒ Mantener un sistema de monitoreo continuo y un control de retroalimentación. Este sistema permite calcular mediante un computador los requerimientos de melaza y la adición necesaria. Si bien es un sistema de difícil diseño e implementación, permite reducir la formación de etanol desde un 75 a un 95%.

### *Ruidos y vibraciones*

En términos generales, para reducir los ruidos y vibraciones se debe aplicar un sistema de control, cada fuente debe ser evaluada individualmente, y aplicar un plan integral de control que sea compatible con la normativa vigente. El control del ruido es un problema relacionado con el sistema compuesto por la fuente generadora del ruido, la propagación del ruido y el individuo receptor. El método de control deberá reducir la intensidad de la fuente, impedir la propagación de la energía acústica, o proteger a la persona receptora final del ruido.

## **4.2 IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL**

Para que las empresas sean realmente eficaces en su comportamiento ambiental, las acciones deben ser conducidas dentro de un sistema de gestión estructurado e integrado a la actividad general de gestión de la organización, con el objeto que ayude al cumplimiento de sus metas ambientales y económicas en base al mejoramiento continuo.

A nivel internacional los estándares ISO 14.000 regulan la gestión ambiental dentro de la empresa, en lo que respecta a la implementación de un sistema de gestión ambiental y auditorías ambientales a la empresa, entre otros.

En particular, la Norma ISO 14.001 “Sistemas de Gestión Ambiental” (Ref. 9, 10), especifica los requisitos para un sistema de gestión ambiental. Esta norma se aplica a toda organización que desee:

- Mejorar la calidad de procesos y productos aumentando la eficiencia.
- Disminuir los costos, producto de un uso más eficiente de la energía y los recursos.
- Aumento de la competitividad.
- Acceso a nuevos mercados.
- Reducción de riesgos.
- Mejoramiento de las condiciones laborales y de salud ocupacional.
- Mejora de las relaciones con la comunidad, autoridades y otras empresas.

La implementación de sistemas de gestión ambiental permitirá a la empresa anticiparse a las regulaciones ambientales más estrictas, permitiendo que el ajuste a la nueva realidad legislativa se realice de manera gradual y mediante cambios en los procesos de producción, en vez de recurrir a grandes inversiones en plantas de tratamiento de residuos.

## 5. METODOS PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACION (END OF PIPE)

### 5.1 TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS INDUSTRIALES LÍQUIDOS

#### 5.1.1 Pre-tratamiento

Los requerimientos de pre-tratamiento deben evaluarse en base a las características de los RILES o flujos parciales a tratar. Los procesos aplicables son:

- **Rejillas:** Retienen partículas de diferentes tamaños, entre sólidos gruesos y relativamente finos. Rejas gruesas (abertura de 5-10 mm) se ocupan con el objetivo de proteger bombas y las etapas posteriores de tratamiento, recomendable para el caso de los efluentes de la industria de levadura. Donde los RILES se caracterizan por un mayor contenido de sólidos, permiten una reducción importante de la carga contaminante a través de la remoción de partículas más finas (abertura de 1 mm o menor).
- **Neutralización:** A través de la dosificación de compuestos ácidos o alcalinos (por ejemplo HCl, NaOH) puede ajustarse el pH a un rango óptimo para el tratamiento posterior o a los límites permisibles para su descarga final. El control de pH también se logra por medio de mezclado con otros efluentes u homogenización en un estanque.
- **Estanques homogenizadores:** Para la mayoría de los procesos unitarios de tratamiento primario o secundario es conveniente que el flujo de entrada sea constante. En tales casos, el residuo líquido es tamponado u homogenizado. En caso de efluentes orgánicos, estos estanques deben estar equipados con un sistema de aireación para evitar la generación de olores y proveer un pre-tratamiento. La capacidad de estos estanques depende de la amplitud de la variación del caudal, generalmente es del orden de 60% del flujo diario de RIL.
- **Separación de flujos parciales:** Permite el pre-tratamiento o la disposición separada de flujos parciales, por ejemplo el tratamiento anaeróbico de los RILES concentrados.

Dado que los procesos de pre-tratamiento suelen ser relativamente económicos es recomendable aprovechar todas las opciones de reducción en el origen, separación de flujos parciales y pre-tratamiento para reducir las cargas contaminantes por tratar en etapas posteriores. La tecnología específica de pre-tratamiento en el caso de los RILES de la industria de levadura dependerá de concepto de tratamiento, ya sea físico-químico o biológico.

#### 5.1.2 Tratamiento físico-químico

Los principales tratamientos físico-químicos aplicables al tratamiento de algunos de los flujos parciales de RILES del sector son:

- **Separación mediante membrana:** En la purificación mediante la separación por membrana, el agua pasa a través de una membrana en virtud de una fuerza impulsora, dejando atrás parte de sus impurezas originales, como un concentrado. Dependiendo de la selectividad y porosidad de la membrana los procesos pueden ser aplicados para la

remoción de sólidos suspendidos, orgánicos disueltos o iones. Los procesos más importantes incluyen osmosis inversa y electrodiálisis. Dependiendo de las características de las membranas y de los RILES pueden alcanzarse eficiencias de purificación de hasta 98%. Las desventajas son el alto costo de inversión y operación (consumo de energía, químicos y desgaste de membranas).

- **Evaporación/Destilación:** La evaporación se puede aplicar a licores de desecho concentrados para reducir su volumen. Por el alto consumo de energía (hasta 690 kWh/m<sup>3</sup>), el proceso es económico solamente en el caso de aprovechar una fuente de energía disponible a bajo costo (por ejemplo el calor de aguas de enfriamiento o energía solar), y en caso de efluentes muy concentrados. Producto del tratamiento se produce un residuo sólido con contenido de sales, y un condensado con orgánicos volátiles que requiere un tratamiento biológico posterior. Existen algunos ejemplos en Alemania (Ref.12) de empresas que utilizan (venta a terceros) las sales no disueltas resultantes de este tratamiento, como suplemento para animales o como abono.

Ambos son procesos relativamente costosos, complejos y requieren una separación de los diferentes flujos de RILES en las industrias. Para industrias existentes y considerando la factibilidad de las inversiones requeridas se ofrecen los tratamientos biológicos.

### 5.1.3 Tratamientos biológicos

Básicamente existen dos métodos de tratamiento biológico de aguas residuales:

- **Tratamiento Aeróbico:** Incluye procesos de estanques aireados, lodos activados (de alta o baja carga), filtros percoladores, filtros rotatorios, lagunas aireadas, entre otros. Los tratamientos aeróbicos entregan un efluente de alta calidad que puede ser descargado al alcantarillado o cursos de agua superficial, sin embargo implican costos mayores en operación (aireación).
- **Tratamiento Anaeróbico:** Tratamiento en lagunas o reactores cerrados, en ausencia de oxígeno. Las mayores ventajas son los bajos costos de operación y la generación de biogas. Los efluentes pueden ser descargados al sistema de alcantarillado público. Las desventajas que presentan son la dificultad de puesta en marcha, la susceptibilidad a choques y los costos elevados de inversión.

En la Tabla N° 7 se presenta una comparación de las ventajas y desventajas de los métodos anaeróbicos y aeróbicos de tratamiento, además de sus combinaciones.

Las aguas residuales de la industria de levadura están caracterizadas por la carga orgánica muy concentrada: el mosto residual después de la centrifugación. Éste está prácticamente consumido por la fermentación, un proceso aeróbico biológico. Por consiguiente las sustancias orgánicas residuales en él resultan con una demanda química de oxígeno (DQO) elevado, son persistentes y poco accesibles a un tratamiento aeróbico. Parte de ellas son sustancias húmicas (Rüffer, 1986). Por la concentración elevada de los orgánicos, y la ausencia de tóxicos, el proceso anaeróbico se ofrece para el tratamiento o pre-tratamiento

de los efluentes de la industria de levadura. Por otra parte, la eficiencia de purificación de la DQO por medio de procesos aeróbicos es del orden de 70%, solamente con un tiempo de residencia largo, o en combinación con un tratamiento anaeróbico, la eliminación de DQO puede llegar a un 80%.

La elección de uno o de combinaciones de estos procesos, depende de los requisitos de calidad (descarga a cursos de agua o alcantarillado público), del sistema de pretratamiento, de la disponibilidad de terreno y de consideraciones económicas. Referente a la disponibilidad de terreno, problema que se presenta con mucha frecuencia en el sector industrial del país, en términos generales los procesos anaeróbicos requieren de un mayor volumen del reactor comparado con los procesos aeróbicos. Sin embargo la superficie necesaria para el tratamiento dependerá en cada caso del diseño elegido para la construcción del reactor.

**TABLA N° 7: Cuadro de comparación de procesos biológicos para la reducción de la DQO y DBO<sub>5</sub> (Rüffer, Böhnke, Referencias 12 y 13)**

| Tratamiento             | $\eta$<br>(%) <sup>1</sup> | Ventajas   | Desventajas   |
|-------------------------|----------------------------|--|---|
| Aeróbico                | 70                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>proceso rápido</li> <li>calidad del efluente alta (DBO<sub>5</sub>, DQO); apto para descarga a aguas superficiales</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>necesita sistema de aireación (gastos de energía)</li> <li>más residuos de lodos secundarios</li> </ul>  |
| Anaeróbico              | 60                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>menor gasto de energía</li> <li>aprovechamiento de gas</li> <li>pocos residuos de lodos secundarios</li> <li>proceso eficiente para residuos líquidos de concentraciones altas (&gt;1000-2000 mg DBO<sub>5</sub>/lt)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>proceso lento</li> <li>muy complejo y sensible</li> <li>reactores voluminosos</li> <li>costos altos de la construcción</li> <li>posiblemente calentamiento adicional</li> <li>necesita aireación antes de la introducción del efluente en la red de alcantarillado</li> <li>pre-tratamiento no apto para descarga a aguas superficiales (aproximadamente 700 mg DQO/lt)</li> </ul> |
| Anaeróbico/<br>Aeróbico | 78                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>más rápido y más estable que el proceso anaeróbico simple</li> <li>aprovechamiento de gas</li> <li>calidad alta del efluente</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>necesita sistema de aireación (gastos de energía)</li> <li>posiblemente calentamiento adicional</li> </ul>   |

<sup>1</sup> Eficiencia de reducción de la DQO

### A. *Tratamiento anaeróbico*

De acuerdo a lo expuesto, el tratamiento anaeróbico ofrece varias ventajas, además los RILES de la industria de levadura cumplen las principales condiciones para la aplicación de esta tecnología:

- carga orgánica muy concentrada
- no contienen sustancias tóxicas
- contenido suficiente de nutrientes (DQO:N:P=100:5:2)

Las desventajas son el contenido de sulfato, que resulta en una generación de olores por emisiones de H<sub>2</sub>S en los gases de fermentación.

### *Descripción del proceso*

La degradación anaeróbica como tecnología de purificación de aguas residuales está basada en un proceso microbiológico, que se desarrolla en ausencia de oxígeno y en el cual se distinguen dos fases: la fase ácida y la fase metanogénica.

La primera, en la cuál se descomponen proteínas, grasas, almidón, celulosa y algunos compuestos poco degradables a productos orgánicos intermedios, H<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>, está caracterizada por la generación de ácido acético.

En la segunda, los productos intermedios (incluyendo ácido acético, CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>) están transformados a metano por microorganismos metanogénicos.

La temperatura óptima para la mayoría de los microorganismos metanogénicos (mesophil) es entre 30 y 40 °C, el pH entre 6,8 y 7,5. El proceso es relativamente lento, susceptible a tóxicos o cambios de pH. Lo anterior es un factor importante a considerar en el diseño, dado que los ácidos acéticos producidos en la primera fase, pueden inhibir o terminar con el crecimiento de los microorganismos en la fase de metano.

### *Variantes del proceso*

Las tecnologías convencionales de tratamiento anaeróbico utilizados para el tratamiento de aguas residuales o lodos, incluyen los siguientes:

- lagunas anaeróbicas
- tanques sépticos
- tanques tipo “Imhoff”
- digestores anaeróbicos

Los tanques o fosas sépticas son estanques de decantación, en los cuales el tiempo prolongado de acumulación permite una descomposición de los sólidos sedimentados en el fondo. Las lagunas anaeróbicas funcionan por el mismo principio, generalmente con tiempos de residencia del orden 30 a 50 días.

Por primera vez, en el año 1906 se obtuvo una separación de la zona de sedimentación y la zona de fermentación anaeróbica de los lodos, con el tanque tipo “Imhoff”.

Los digestores anaeróbicos generalmente disponen de sistemas mecánicos de mezclado, calentamiento del material a digerir (lodos o aguas residuales), y de una captación y

aprovechamiento de los gases de metano. Además, la operación de dos o varios digestores en serie ofrece una serie de ventajas:

- eliminación de flujos de corto-circuito, por lo tanto mayor rendimiento
- protección de la segunda etapa contra choques de tóxicos o cambios en la calidad del afluente
- disponibilidad de una reserva de lodos en caso de fallas en el primer digestor

El tiempo de residencia hidráulica es del orden de 1 a 2 días en la etapa ácida, y de 15 a 20 días en la etapa metanogénica. La separación de las dos fases permite un mejor control del pH, además de una mayor estabilidad del proceso. El concepto convencional de digestores de una, dos o varias etapas, sigue siendo el más común para el tratamiento de lodos primarios o secundarios provenientes del tratamiento de aguas servidas.

Para el tratamiento de aguas residuales concentradas, se han desarrollado reactores modernos, con el principal objetivo de optimizar el rendimiento, bajar los tiempos de residencia hidráulica, y mejorar la estabilidad del proceso. A través de diferentes métodos, como la recirculación de lodos o lechos fijos, se pretende aumentar la concentración de biomasa en el reactor. Las variantes y desarrollos más importantes de estos reactores son:

- Proceso de contacto: digestión con clarificación y recirculación de lodos anaeróbicos
- Filtro anaeróbico
- Reactor con clarificación integrada (por ejemplo tipo “UASB”<sup>1</sup>)
- Reactor con lecho fluidizado
- Reactores con lecho fijo (por ejemplo tipo “DSFF”<sup>2</sup>)

La Tabla N° 8 resume los tipos de reactores anaeróbicos existentes en el mercado (Ref.13). En el caso de la industria de melaza los reactores de lecho fijo o filtros anaeróbicos han presentado ventajas en términos de eficiencia de purificación.

En general los reactores anaeróbicos modernos (o de alto rendimiento) también se ocupan en combinación con una etapa previa de acidificación.

---

<sup>1</sup> Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor, Lettinga et al., 1979

<sup>2</sup> Downflow Stationary Fixed-Film Reactor, Van den Berg y Kennedy, 1982.

**TABLA N° 8: Cuadro resumen con tipos de reactores anaeróbicos (Böhnke et al, 1993)**

| <b>Tipo</b>                           | <b>Término inglés</b>   | <b>Sigla</b> | <b>Autores</b>            | <b>Marca</b>                 |
|---------------------------------------|---|--------------|---------------------------|------------------------------|
| Clarigester<br>(Lecho de lodos)       | Clarigester<br>upflow sludge bed                                    | USB          | Stander y<br>Cillie       | DCRR OLIVER                  |
| Reactor Tipo UASB<br>(Lecho de lodos) | Upflow anaerobic sludge<br>blanket                                  | UASB         | Lettinga                  | C.S.N.<br>BIOTHANE<br>ANODEK |
| Proceso de Contacto                   | Anaerobic contacto process,<br>recycled floccs                      | -            | Schroepfer y<br>Ziemke    | ANAEMT<br>Phillip Müller     |
| Filtro Anaeróbico                     | Anaeróbic filter, fixed bed,<br>packed bed, anaerobic fixed<br>film | AF           | Young y Mc<br>Carty       |                              |
| Lecho fijo                            | Downflow- stationary fixed-<br>film reactor                         | DSFF         | Van den Berg<br>y Kennedy |                              |
| Lecho en suspensión                   | Anaerobic attached.film<br>expanded bed                             | AAFEB        |                           |                              |
| Lecho fluidizado                      | Fluidized bed reactor   | -            | Sutton y Li<br>Heijnen    | ANITRON<br>Gist-Brocades     |
| CASBER<br>(Reactor híbrido)           | Carrier assisted sludge bed<br>reactor                              | CASBER       | Martenson y<br>Frostell   |                              |

### **B. Tratamiento aeróbico**

Los procesos unitarios de tratamientos aeróbicos incluyen los siguientes:

- **Lagunas aireadas:** Cuentan con un sistema de aireación y mezclado para suministrar oxígeno y acelerar el metabolismo microbiano. Donde se dispone de superficies suficientes, ofrece un tratamiento relativamente simple y económico.
- **Lodos activados (de alta o baja carga):** Cuentan con un estanque aireado, un estanque de sedimentación y una recirculación de lodo activado. Es un proceso con una eficiencia de purificación alta, y menores requerimientos de espacio.
- **Filtros percoladores:** Consiste en un cuerpo de material poroso como superficie para el asentamiento de microorganismos que se desarrollan en superficies, un sistema de riego para la alimentación y una recirculación de las aguas. Tiene bajos requerimientos de energía.
- **Contactadores biológicos rotatorios:** Cuentan con una serie de discos circulares de plástico, sumergidos parcialmente en un tanque de contacto. Cuando los discos salen a la atmósfera, la capa de aguas residuales y la película de microorganismos en la superficie se oxigenan. Las ventajas del proceso son el tamaño reducido y bajos requerimientos de energía.

En principio, los efluentes de la industria de levadura y melaza son susceptible a un tratamiento aeróbico. Sin embargo, debido a las concentraciones muy elevadas de los efluentes crudos, se requiere una dilución o un pre-tratamiento anaeróbico previo.

En este contexto es importante destacar la posibilidad de efectuar el tratamiento aeróbico de los RILES en conjunto con aguas servidas domésticas, es decir en la planta purificadora municipal. De acuerdo a las experiencias obtenidas en otros países, presenta una solución económica y eficiente en el caso de industrias que descargan al alcantarillado público previo pre-tratamiento.

Finalmente, es importante tomar en cuenta la generación de lodos de las plantas de tratamiento, los cuales deben ser tratados (deshidratados), y dispuestos apropiadamente de acuerdo a las normativas vigentes.

## **5.2 SISTEMAS DE CONTROL DE EMISIONES DE COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES**

El control de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COVs) incluye tratamientos físicos, químicos y biológicos. Entre estos tratamientos se cuenta con la incineración térmica y catalítica, la adsorción en depuradores químicos y separadores, adsorción usando carbón, adsorbentes sintéticos y biodegradables.

En cada uno de los procesos, los vapores de compuestos orgánicos son destruidos por oxidación o retirados de la corriente de aire por adsorción (para recuperación o posterior tratamiento). Las reacciones de incineración son las más rápidas, ocurriendo típicamente en fracciones de segundo.

La remoción de los COVs que son transportados por el aire en un limpiador químico es más lenta; y las reacciones biológicas son las más lentas de las tres tecnologías, y requieren el reactor de mayor volumen y áreas de lecho.

La incineración, para la eficiente destrucción de los compuestos orgánicos, requiere de grandes cantidades de combustible y generan  $\text{NO}_x$  como subproducto. La oxidación química usando cloro, ozono, hipoclorito o permanganato, es rápida y eficiente pero resulta inefectiva para hidrocarburos y otros compuestos de reacción lenta, y los productos químicos son costosos y requieren de almacenaje apropiado. Por su lado, los tratamientos biológicos ofrecen una alternativa de menor costo, sin embargo la remoción es mejor para gases con bajas concentraciones de compuestos orgánicos ( $1 \text{ mg/m}^3$ ).

De acuerdo a la información del Centro de Tecnología de Control, de la Agencia de Protección del Ambiente de EE.UU. (CTC-EPA), un estudio realizado para la industria de la levadura consideró como alternativas de control de los COVs para este tipo de industria (Ref.15), los lavadores húmedos, los incineradores, los condensadores y los filtros biológicos. Los procesos que el estudio indica como los más favorables son la incineración, o una combinación de procesos (por ejemplo, un lavador seguido de un incinerador, o un filtro biológico). Los costos de cada alternativa y su eficiencia se presentan en el siguiente punto de costos.

## **5.3 CONTROL DE RUIDOS**

Existen numerosas fuentes emisoras de ruidos en una planta productora de levadura, principalmente las centrifugas y los compresores. Estas fuentes pueden causar molestias, que

exceden los estándares permitidos, tanto para los trabajadores como en el medio ambiente. Para aplicar un sistema de control, cada fuente debe ser evaluada individualmente, y aplicar un plan integral de control que sea compatible con la normativa vigente.

El control del ruido es un problema relacionado con el sistema compuesto por la fuente generadora del ruido, la propagación del ruido y el individuo receptor. El método de control debe reducir la intensidad de la fuente, impedir la propagación de la energía acústica, o proteger a la persona receptora final del ruido.

La reducción del ruido en la fuente se puede alcanzar mediante la reducción de las fuerzas que generan el ruido, o reduciendo los componentes del movimiento de vibración por medio de amortiguadores de vibraciones. Esto se puede lograr con una inspección y/o mantención de la maquinaria.

## **6. ASPECTOS FINANCIEROS DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN**

### **6.1 INDICADORES DE COSTOS Y BENEFICIOS DEL USO DE TECNOLOGÍAS LIMPIAS Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN**

En términos generales para el sector productor de levadura existen una serie de medidas de prevención, detalladas en el punto 4, cuyos costos están relacionados estrechamente con el nivel de producción y de gestión de cada empresa individual. Por otro lado, los beneficios en tomar medidas de prevención tienen relación con una mayor eficiencia productiva, menores costos de control de la contaminación y finalmente una mejor calidad de vida.

### **6.2 INDICADORES DE COSTOS Y BENEFICIOS DE MEDIDAS DE CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN**

Varios son los factores que inciden en el impacto que el costo de las medidas de reducción de la contaminación tiene sobre la factibilidad económica-financiera en este tipo de industrias:

- El tamaño de la industria, el tipo de productos y la rentabilidad.
- Los costos anuales de la disposición de residuos, como por ejemplo la descarga en los sistemas de alcantarillado.
- La posibilidad y disponibilidad de terrenos para instalar los sistemas de tratamiento.

La decisión de instalar una planta de tratamiento de residuos líquidos o seguir descargándolos en el sistema de alcantarillado, depende de los costos de ambas alternativas. De todas formas, implementar medidas para reducir o prevenir la carga de residuos y las emisiones es muy conveniente, ya que así se reduce el costo del tratamiento posterior (end of pipe).

#### **6.2.1 Sistemas de tratamiento de residuos industriales líquidos**

La selección del sistema de tratamiento de RILES dependerá de la evaluación económica de las diferentes variantes de reducción de efluentes, tratamiento aeróbico, anaeróbico o de sus combinaciones.

En este contexto es importante reconocer que los costos del tratamiento aeróbico y anaeróbico se desarrollan en forma distinta en el tiempo. Mientras que el tratamiento anaeróbico implica una mayor inversión inicial y bajos costos de operación, los procesos aeróbicos se caracterizan por menores costos de inversión y mayores gastos de operación.

Una comparación válida de los costos requiere de un pre-diseño de las obras. Sin embargo a modo de ejemplo se presentan a continuación algunos criterios generales para aproximar los costos de las dos alternativas.

### ***Vida útil***

Para efectos de cálculos de los costos de los sistemas de tratamiento de RILES se ha propuesto la siguiente vida útil:

- Obras civiles: 25 años
- Equipos mecánicos: 12,5 años
- Obras eléctricas: 12,5 años

### ***Costos de inversión***

Los costos de inversión en sistemas de tratamiento aeróbico varían de acuerdo al tipo de proceso y características del efluente. En el caso de los procesos de lodos activados los costos son del orden de US\$ 1.000 por kg DBO<sub>5</sub> diario.

En la Figura N°2 se presentan los costos de inversión específicos para los reactores anaeróbicos de acuerdo a estudios efectuados en Alemania (Böhnert et al., 1991). De acuerdo a la experiencia del Consultor los proveedores de equipos a nivel nacional suelen calcular con valores similares, entre US\$ 100 y 200 por m<sup>3</sup> de capacidad del reactor.

### ***Costos de operación***

De acuerdo a cotizaciones de proveedores de equipos y valores típicos de la literatura, los costos de operación de los sistemas de tratamiento biológico se han estimado en:

- entre US\$ 0,4 y 0,7 por kilo de DBO<sub>5</sub> tratado, en el caso de procesos convencionales de lodos activados
- entre US\$ 0,8 y 1,0 por m<sup>3</sup> de efluente tratado, en el caso de procesos anaeróbicos.

Incluyen costos de mano de obra y electricidad.

### ***Costos de mantención***

La estimación de costos de mantención, respuestos y servicios puede orientarse en los siguientes valores:

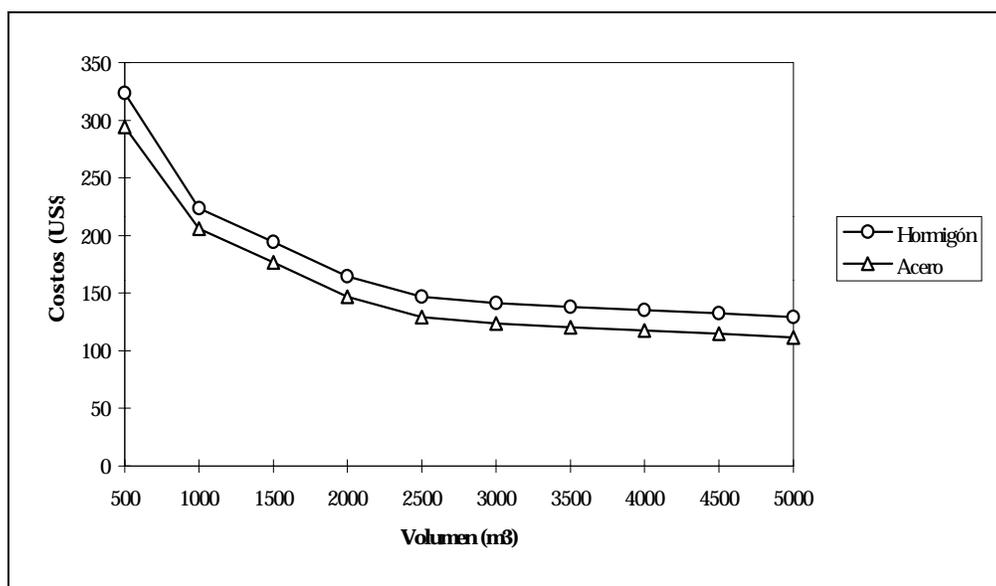
- Obras civiles: 1,0 % de la inversión/año
- Equipos mecánicos: 2,5 % de la inversión/año
- Instalaciones eléctricas: 2,0 % de la inversión/año

### Costos de disposición de lodos

La estimación de la disposición de los lodos generados de las plantas de tratamiento, están dados por los siguientes valores al año 1982, EE.UU. (Ref.16):

- Deshidratación de lodos: 91,5 US\$/tonelada materia seca
- Transporte : 50 US\$/tonelada materia seca
- Disposición relleno sanitario : 55 US\$/tonelada materia seca

**FIGURA N° 2: Costo específico de reactores anaeróbicos (por m<sup>3</sup> de capacidad)**



Nota: Costos típicos en Alemania, calculado en base a una tasa de cambio de 1 US\$ =1,70DM.  
Fuente: Beckereit, 1988.

### 6.2.2 Sistemas de control para emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV)

Los métodos de control de los compuestos orgánicos volátiles (COVs), tienen asociados los siguientes costos y eficiencias estimativas:

| Sistemas de Control       | Eficiencia de Control<br>% | Costo<br>US\$/Mg (t) |
|---------------------------|----------------------------|----------------------|
| Lavadores                 | 95                         | 4.300                |
| Incineradores Térmicos    | 98                         | 5.800                |
| Incineradores Catalíticos | 98                         | 3.300                |

Por otro lado, los costos de operación estimados para estos sistemas de tratamiento son:

| <b>Sistemas de Control</b> | <b>Costos de Operación<br/>US\$/m<sup>3</sup></b> |
|----------------------------|---|
| Biofiltros                 | 5 - 14  |
| Lavadores                  | 18 - 47   |
| Incineradores              | 105 - 168   |
| Adsorción por Carbón       | 179 - 210   |

### 6.2.3 Reducción de ruidos

De acuerdo a cifras del estudio de BKH Consulting Engineers para el Banco Mundial (Ref.14), los costos para el control de ruidos es aproximadamente:

- Reducción de ruidos en 10 dB(A): US\$ 60.000

## 6.3 INSTRUMENTOS FINANCIEROS DE APOYO A LA GESTIÓN AMBIENTAL

La Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) posee varios instrumentos de apoyo financiero para que el sector industrial (PYME) introduzca medidas tendientes a mejorar la Gestión Ambiental (Ref. 26). Para gastos de asesorías técnicas se han creado los siguientes mecanismos de financiamiento.

A continuación se listan los principales instrumentos y su aplicación ambiental:

- **Fondo de Asistencia Técnica (FAT):** Consultoría Ambiental, Auditorías Ambientales, Estudios Técnico Económicos para la Implementación de Soluciones, Estudios de Impacto Ambiental o Declaraciones de Impacto Ambiental, Estudios de Reconversión y Relocalización Industrial, Implementación de Sistemas de Gestión Ambiental. Las empresas que pueden acceder a este beneficio son aquellas con ventas anuales no superiores a UF 15.000, pudiendo acogerse a este sistema sólo una vez.
- **Programa de Apoyo a la Gestión de Empresas Exportadoras (PREMEX):** Implementación de Sistemas de Gestión Ambiental, Certificación ISO 14.000, Certificación de Calidad ISO 9000 (alimentos), Reciclabilidad de Envases y Embalajes. Estos recursos están disponibles para todas las empresas exportadoras de manufacturas y software con exportaciones de US\$ 200.000 o más acumulados durante los dos últimos años, y ventas netas totales de hasta US\$ 10.000.000 en el último año.
- **Proyectos de Fomento (PROFO):** Programas Grupales de Implementación de Sistemas de Gestión Ambiental, Mercado de Residuos (bolsa), Plantas Centralizadas de Tratamiento de

Residuos, Programas Colectivos de Mejoramiento de Procesos, Programas Colectivos de Relocalización Industrial. Los beneficiarios son pequeños o medianos empresarios de giros similares o complementarios con ventas anuales no superiores a las UF 100.000.

- **Fondo Nacional de Desarrollo Tecnológico y Productivo (FONTEC):** Fondo destinado al financiamiento de proyectos de innovación e infraestructura tecnológica. Puede ser utilizado para la introducción de tecnologías limpias, tecnologías “end of pipe”, misiones tecnológicas (Charlas de Especialistas Internacionales). Permite financiar hasta un 80 % del costo total del proyecto mediante una subvención de proyecto y crédito. Subvención de hasta un 60% del costo, con un máximo de US\$ 300.000 y crédito en UF, a tasa de interés fija con un período de gracia equivalente a la duración del proyecto.
- **Programa SUAF-CORFO:** Subvención que CORFO ofrece a las empresas para la contratación de un consultor especialista en materias financieras quién elaborará los antecedentes requeridos por el Banco Comercial o empresa de Leasing para aprobar una operación crediticia. Las empresas deben poseer ventas netas anuales menores a UF 15.000, comprobado por las declaraciones del IVA, no deben haber cursado operaciones financieras en los últimos 6 meses, no deben tener protestos ni ser morosos de deudas CORFO o SERCOTEC.

### **Créditos Bancarios**

- ◆ **Financiamiento de Inversiones de Medianas y Pequeñas Empresas (Línea B.11):** Programas de Descontaminación, Servicios de Consultoría, Inversiones.
- ◆ **Financiamiento de Inversiones de Pequeñas Industrias Crédito CORFO-Alemania (Línea B12):** Relocalización Industrial.
- ◆ **Cupones de Bonificación de Primas de Seguro de Crédito y de Comisiones de Fondos de Garantía para Pequeñas Empresas (CUBOS):** Garantías para otorgar financiamiento (hipotecas, prendas) que cubren en un porcentaje el riesgo de no pago. Las empresas deben tener ventas netas anuales que se encuentren entre las UF 2.400 y las UF 15.000 (IVA excluido) con un mínimo de 12 meses de antigüedad en el giro y un patrimonio neto de UF 800. El monto mínimo de la operación es de UF 150 con un máximo de UF 3.000.

## **7. SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL**

La gran mayoría de los productores de levaduras del país, cumplen los requerimientos legales en materia de seguridad ocupacional cuyas exigencias básicas son: tener constituido el Comité Paritario, tener contratados los servicios de expertos en prevención de riesgos por jornadas determinadas según el número de trabajadores de la empresa, tener redactado y difundido entre los trabajadores un Reglamento de Orden, Higiene y Seguridad y estar asociados a un Organismo Administrador del Seguro de Accidentes Laborales (Mutualidad).

A continuación se mencionan las condiciones de trabajo que son fuente de accidentes laborales en las diferentes áreas donde se desarrollan las actividades de la industria de levadura.

### **7.1 IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES Y LABORALES**

Los riesgos ambientales y laborales potenciales asociados a los establecimientos productores de levadura son:

- Manejo de maquinaria y equipos, y ruido generado por los compresores de aire y centrífugas.
- Manejo de cargas pesadas y trabajos repetitivos.
- Operación de las calderas.
- Manejo de combustible para calderas y los estanques.
- Pisos resbaladizos en gran parte de la línea de producción.
- Manipulación de ácido sulfúrico y de los estanques de almacenamiento.
- Manejo de vehículos para el transporte de materias primas y producto final.

La mayor frecuencia de accidentes (que es baja) se producen por golpes o cortes. Las principales enfermedades laborales son lumbagos, y problemas de pérdida de audición.

En general los trabajadores utilizan ropas especiales de trabajo, y los implementos de seguridad (máscaras, protectores auditivos, botas, etc.).

Referente a los ruidos generados por los compresores y centrífugas, las mutuales de seguridad realizan mediciones periódicas de niveles de presión sonora en lugares de trabajo, y los trabajadores utilizan en general protectores auditivos.

Las calderas se manejan en buenas condiciones generales, las emisiones de material particulado están dentro de la normativa vigente y se controlan anualmente. La excepción corresponde a la empresa ubicada en la ciudad de Valdivia, región que no cuenta con normativas de emisión de material particulado.

Los vectores sanitarios (moscas y roedores) son controlados con insecticidas. La fumigaciones se realizan con equipos y protecciones adecuadas para el trabajador.

Finalmente en cuanto al manejo de vehículos para el transporte de materias primas y productos, en general la ocurrencia de accidentes es baja.

Con respecto al almacenamiento de productos químicos, ácido sulfúrico, no existe una inspección periódica de los mismos.

## **7.2 MEDIDAS PREVENTIVAS RECOMENDADAS**

Las medidas generales para mejorar la salud ocupacional, las condiciones de trabajo y la seguridad del sector productor de levaduras, complementariamente a las medidas de prevención señaladas en el punto anterior (4), son las siguientes (Ref. 14):

### Salud ocupacional y condiciones de trabajo

Las medidas generales son:

- Entrenamiento e instrucciones a los trabajadores.
- Distribución de ropa de trabajo.
- Optimización de la higiene y lavado de los trabajadores.
- Optimización de las condiciones de trabajo, enfocado a áreas de trabajo climatizadas, lugares para descanso, vestidores y agua potable.

Las medidas para evitar exposiciones al olor, vapor, y ruido, son:

- Reducción de los tiempos de exposición de los trabajadores.
- Ventilación adecuada de los lugares de trabajo (galpones)
- Reducción de los niveles de ruidos y uso de protectores.
- Uso de máscaras apropiadas.

Para evitar los problemas musculares las medidas son:

- Mecanización del trabajo manual pesado.
- Adaptación de la carga y tipo de trabajo a la capacidad del trabajador.
- Evitar trabajos repetitivos (rotación de personal).

### Seguridad ocupacional

- Entrenamiento e instrucciones a los trabajadores en las técnicas y principios de un trabajo seguro.
- Rotación de trabajo y mejoramiento de la organización.
- Pisos ásperos para evitar resbalones y protecciones de seguridad de la máquinas.
- Distribución de ropas de protección.

## 8. LEGISLACION y Regulaciones Ambientales Aplicables a la Industria

El presente capítulo identifica la totalidad de normativas ambientales aplicables a la industria, distinguiendo entre normas que regulan la localización, emisiones atmosféricas, descargas líquidas, residuos sólidos, ruido y seguridad y salud ocupacional. Asimismo, se identifican las normas chilenas referentes al tema.

Es necesario establecer como regulación marco y general a todas las distinciones anteriormente señaladas, las siguientes:

### • Ley N° 19.300/94

Título : Ley de Bases Generales del Medio Ambiente.  
Repartición : Ministerio Secretaría General de la Presidencia.  
Diario Oficial : 09/03/94

### • D.S. N° 30/97

Título : Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.  
Repartición : Ministerio Secretaría General de la Presidencia.  
Diario Oficial : 03/04/97

### 8.1 NORMATIVAS QUE REGULAN LA LOCALIZACIÓN DE LAS INDUSTRIAS

#### • D.S. N° 458/76

Título : Aprueba Nueva Ley General de Urbanismo y Construcciones (Art. 62 y 160).  
Repartición : Ministerio de Vivienda y Urbanismo.  
Diario Oficial : 13/04/76

#### • D.S. N° 718/77

Título : Crea la Comisión Mixta de Agricultura, Urbanismo, Turismo y Bienes Nacionales.  
Repartición : Ministerio de Vivienda y Urbanismo.  
Diario Oficial : 05/09/77

#### • D.S. N° 47/92

Título : Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.  
Repartición : Ministerio de Vivienda y Urbanismo.  
Diario Oficial : 19/05/92

**• Resolución N° 20/94**

Título : Aprueba Plan Regulador Metropolitano de Santiago.  
Repartición : Gobierno Regional Metropolitano.  
Diario Oficial : 04/11/94

**8.2 NORMATIVAS QUE REGULAN LAS EMISIONES ATMOSFÉRICAS**

**• D.F.L. N° 725/67**

Título : Código Sanitario (Art. 89 Letra a).  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : 31/01/68.

**• D.S. N° 144/61**

Título : Establece Normas para Evitar Emanaciones o Contaminantes Atmosféricos de Cualquier Naturaleza.  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : 18/05/61

**• D.S. N° 32/90**

Título : Reglamento de Funcionamiento de Fuentes Emisoras de Contaminantes Atmosféricos que Indica en Situaciones de Emergencia de Contaminación Atmosférica.  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : 24/05/90

**• D.S. N° 322/91**

Título : Establece Excesos de Aire Máximos Permitidos para Diferentes Combustibles.  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : 20/07/91

**• D.S. N° 185/91**

Título : Reglamenta el Funcionamiento de Establecimientos Emisores de Anhídrido Sulfuroso, Material Particulado y Arsénico en Todo el Territorio Nacional.  
Repartición : Ministerio de Minería.  
Diario Oficial : 16/01/92

**• D.S. N° 4/92**

Título : Establece Norma de Emisión de Material Particulado a Fuentes Estacionarias Puntuales y Grupales Ubicadas en la Región Metropolitana.

Repartición : Ministerio de Salud.

Diario Oficial : 02/03/92

**• D.S. N° 1.905/93**

Título : Establece Norma de Emisión de Material Particulado a Calderas de Calefacción que Indica, Ubicadas en la Región Metropolitana.

Repartición : Ministerio de Salud.

Diario Oficial : 18/11/93

**• D.S. N° 1.583/93**

Título : Establece Norma de Emisión de Material Particulado a Fuentes Estacionarias Puntuales que Indica, Ubicadas en la Región Metropolitana.

Repartición : Ministerio de Salud.

Diario Oficial : 26/04/93

**• D.S. N° 2.467/93**

Título : Aprueba Reglamento de Laboratorios de Medición y Análisis de Emisiones Atmosféricas Provenientes de Fuentes Estacionarias.

Repartición : Ministerio de Salud.

Diario Oficial : 18/02/94

**• D.S. N° 812/95**

Título : Complementa Procedimientos de Compensación de Emisiones para Fuentes Estacionarias Puntuales que Indica.

Repartición : Ministerio de Salud.

Diario Oficial : 08/05/95

#### • D.S. N° 131/96

Título : Declaración de Zona Latente y Saturada de la Región Metropolitana.

Repartición : Ministerio Secretaría General de la Presidencia.

Diario Oficial : 01/08/96

Nota: A raíz de la declaración de la Región Metropolitana como zona saturada para PM10, PTS, CO, O<sub>3</sub> y latente por NO<sub>2</sub>, la CONAMA ha iniciado la elaboración del correspondiente Plan de Prevención y Descontaminación. Dicho plan, implicará la adopción de normas de emisión y otras medidas aplicables a las industrias de la R.M. con el objeto de cumplir con las metas de reducción de emisiones para los contaminantes ya mencionados.

#### • Resolución N° 1.215/78: artículos 3, 4 y 5

Título : Normas Sanitarias Mínimas Destinadas a Prevenir y Controlar la Contaminación Atmosférica.

Repartición : Ministerio de Salud.

Diario Oficial : No publicada.

#### • Resolución N° 15.027/94

Título : Establece Procedimiento de Declaración de Emisiones para Fuentes Estacionarias que Indica.

Repartición : Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente.

Diario Oficial : 16/12/94

Nota: Actualmente, CONAMA se encuentra elaborando una norma de emisión para el contaminante arsénico, de acuerdo con el procedimiento de dictación de normas de la Ley N° 19.300.

#### • D.S. N° 16/98

Título : Establece Plan de Prevención y Descontaminación atmosférica para la Región Metropolitana.

Repartición : Ministerio Secretaría General de la Presidencia.

Diario Oficial : 06/06/98

### 8.3 NORMATIVAS QUE REGULAN LAS DESCARGAS LÍQUIDAS

#### • Ley N° 3.133/16

Título : Neutralización de Residuos Provenientes de Establecimientos Industriales.

Repartición : Ministerio de Obras Públicas.

Diario Oficial : 07/09/16

• **D.F.L. N° 725/67**

Título : Código Sanitario (Art. 69–76).  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : 31/01/68

• **D.F.L. N° 1/90**

Título : Determina Materias que Requieren Autorización Sanitaria Expresa (Art. 1, N° 22 y 23).  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : 21/02/90

• **D.S. N° 351/93**

Título : Reglamento para la Neutralización de Residuos Líquidos Industriales a que se Refiere la Ley N° 3.133.  
Repartición : Ministerio de Obras Públicas.  
Diario Oficial : 23/02/93

• **Norma Técnica Provisoria/92**

Título : Norma técnica relativa a descargas de residuos industriales líquidos.  
Repartición : Superintendencia de Servicios Sanitarios.  
Diario Oficial : No publicada.

**Nota:** Actualmente CONAMA se encuentra elaborando, de acuerdo con el procedimiento de dictación de normas de calidad ambiental y de emisión, determinado por la Ley N° 19.300 y el D.S. N° 93/95 del Ministerio Secretaria General de la Presidencia, una norma de emisión relativa a las descargas de residuos líquidos industriales a aguas superficiales.

• **D.S. N°609/98**

Título : Establece Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Industriales Líquidos a Sistemas de Alcantarillado.  
Repartición : Ministerio de Obras Públicas.  
Diario Oficial : 20/07/98

**Nota:** Se encuentra en proceso de revisión en lo referente a los plazos de cumplimiento.

#### 8.4 NORMATIVAS APLICABLES A LOS RESIDUOS SÓLIDOS

##### • D.F.L. N° 725/67

Título : Código Sanitario (Art. 78–81).  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : 31/01/68

##### • D.F.L. N° 1.122/81

Título : Código de Aguas (Art. 92).  
Repartición : Ministerio de Justicia.  
Diario Oficial : 29/10/81

##### • D.F.L. N° 1/89

Título : Determina Materias que Requieren Autorización Sanitaria Expresa (Art. N° 1).  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : 21/02/90

##### • D.L. N° 3.557/80

Título : Establece Disposiciones Sobre Protección Agrícola (Art. 11).  
Repartición : Ministerio de Agricultura.  
Diario Oficial : 09/02/81

##### • D.S. N° 745/92

Título : Reglamento Sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo (Art. 17, 18, 19).  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : 08/06/93

##### • Resolución N° 7.077/76

Título : Prohíbe la incineración como método de eliminación de residuos sólidos de origen doméstico e industrial en determinadas comunas de la Región Metropolitana.  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : No publicada.

• **Resolución N° 5.081/93**

Título : Establece Sistema de Declaración y Seguimiento de Desechos Sólidos Industriales.  
Repartición : Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente.  
Diario Oficial : 18/03/93

**8.5 NORMATIVAS APLICABLES A LOS RUIDOS**

• **D.F.L. N° 725/67**

Título : Código Sanitario (Art. 89 Letra b).  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : 31/01/68

• **D.S. N°146/98**

Título : Establece Norma de Emisión de Ruidos Molestos Generados por Fuentes Fijas, Elaborada a Partir de la Revisión de la Norma de Emisión Contenida en el Decreto N°286, de 1984, del Ministerio de Salud.  
Repartición : Ministerio Secretaría General de la Presidencia  
Diario Oficial : 17/4/98

• **D.S. N° 745/92**

Título : Reglamento Sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo.  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : 08/06/93

**8.6 NORMATIVAS DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL**

• **D.F.L. N° 725/67**

Título : Código Sanitario (Art. 90–93).  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : 31/01/68

**• D.F.L. N° 1/89**

Título : Determina Materias que Requieren Autorización Sanitaria Expresa (Art. 1 N°44).  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : 21/02/90

**• Ley N° 16.744/68**

Título : Accidentes y Enfermedades Profesionales.  
Repartición : Ministerio del Trabajo y Previsión Social.  
Diario Oficial : 01/02/68

**• D.F.L. N°1/94**

Título : Código del Trabajo (Art. 153–157).  
Repartición : Ministerio del Trabajo y Previsión Social.  
Diario Oficial : 24/01/94

**• D.S. N° 40/69**

Título : Aprueba Reglamento Sobre Prevención de Riesgos Profesionales.  
Repartición : Ministerio del Trabajo y Previsión Social.  
Diario Oficial : 07/03/69

**• D.S. N° 54/69**

Título : Aprueba el Reglamento para la Constitución y Funcionamiento de los Comités Paritarios de Higiene y Seguridad.  
Repartición : Ministerio del Trabajo y Previsión Social.  
Diario Oficial : 11/03/69

**• D.S. N° 20/80**

Título : Modifica D.S. N° 40/69.  
Repartición : Ministerio del Trabajo y Previsión Social.  
Diario Oficial : 05/05/80

• **Ley N° 18.164/82**

Título : Internación de Ciertos Productos Químicos.  
Repartición : Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción.  
Diario Oficial : 17/09/82

• **D.S. N° 48/84**

Título : Aprueba Reglamento de Calderas y Generadores de Vapor.  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : 14/05/84

• **D.S. N° 133/84**

Título : Reglamento Sobre Autorizaciones para Instalaciones Radiactivas y Equipos Generadores de Radiaciones Ionizantes, Personal que se Desempeñe en ellas u Opere Tales Equipos.  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : 23/08/84

• **D.S. N° 3/85**

Título : Aprueba Reglamento de Protección Radiológica de Instalaciones Radiactivas.  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : 25/04/85

• **D.S. N° 379/85**

Título : Aprueba Reglamento Sobre Requisitos Mínimos de Seguridad para el Almacenamiento y Manipulación de Combustibles Líquidos Derivados del Petróleo Destinados a Consumos Propios.  
Repartición : Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción.  
Diario Oficial : 19/03/86

• **D.S. N° 29/86**

Título : Almacenamiento de Gas Licuado.  
Repartición : Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción.  
Diario Oficial : 06/12/86

**• D.S. N° 50/88**

Título : Modifica D.S. N° 40/69 que Aprobó el Reglamento Sobre Prevención de Riesgos Profesionales.  
Repartición : Ministerio del Trabajo y Previsión Social.  
Diario Oficial : 21/07/88

**• D.S. N° 745/92**

Título : Reglamento Sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo.  
Repartición : Ministerio de Salud.  
Diario Oficial : 08/06/93

**• D.S. N° 95/95**

Título : Modifica D.S. N° 40/69 que Aprobó el Reglamento Sobre Prevención de Riesgos Profesionales.  
Repartición : Ministerio del Trabajo y Previsión Social.  
Diario Oficial : 16/09/95

**• D.S. N° 369/96**

Título : Extintores Portátiles.  
Repartición : Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción.  
Diario Oficial : 06/08/96

**• D.S. N° 90/96**

Título : Reglamento de Seguridad para Almacenamiento, Refinación, Transporte y Expendio al Público de Combustibles Líquidos Derivados del Petróleo.  
Repartición : Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción.  
Diario Oficial : 05/08/96

**• D.S. N° 298/94**

Título : Reglamento Sobre el Transporte de Cargas Peligrosas por Calles y Caminos.  
Repartición : Ministerio de Transportes.  
Diario Oficial : 11/02/95

Nota: Este reglamento, incorpora las siguientes NCh del INN, haciéndolas obligatorias:

|                |   |
|----------------|---|
| NCh 382/89     | : Sustancias peligrosas terminología y clasificación general.   |
| Diario Oficial | : 29/11/89  |
| NCh 2.120/89   | : Sustancias peligrosas.  |
| Diario Oficial | : 07/11/89  |
| NCh 2.190/93   | : Sustancias peligrosas. Marcas, etiquetas y rótulos para información del riesgo asociado a la sustancia. |
| Diario Oficial | : 09/06/93  |
| NCh 2.245/93   | : Hoja de datos de seguridad.   |
| Diario Oficial | : 18/01/94  |

## 8.7 NORMAS REFERENCIALES DEL INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN

En relación con las normas INN, cabe hacer presente que se trata de normas que han sido estudiadas de acuerdo con un procedimiento consensuado y aprobadas por el Consejo del Instituto Nacional de Normalización, persona jurídica de derecho privado, de carácter fundacional.

El cumplimiento de estas normas (norma, norma chilena y norma oficial) es de carácter voluntario y por lo tanto no son susceptibles de fiscalización. Sin embargo, estas normas pueden ser reconocidas por el Ministerio respectivo, como norma oficial de la República de Chile, mediante un Decreto Supremo. Además pueden ser incorporadas a un reglamento técnico adoptado por la autoridad en cuyo caso adquieren el carácter de obligatorias y susceptibles de fiscalización.

### 8.7.1 Normas relativas al agua

#### • Norma NCh 1.333/Of. 87

|                |   |
|----------------|---|
| Título         | : Requisitos de Calidad de Agua para Diferentes Usos. |
| Repartición    | : Instituto Nacional de Normalización.                |
| Diario Oficial | : 22/05/87  |

### 8.7.2 Normativas de salud y seguridad ocupacional<sup>3</sup>

#### • Norma NCh 388/Of. 55 / D.S. 1.314

Título : Prevención y Extinción de Incendios en Almacenamiento de Inflamables y Explosivos.  
Repartición : Ministerio de Economía  
Diario Oficial : 30/11/55

#### • Norma NCh 385/Of. 55 / D.S. 954

Título : Seguridad en el Transporte de Materiales Inflamables y Explosivos.  
Repartición : Ministerio de Economía  
Diario Oficial : 30/08/55

#### • Norma NCh 387/Of. 55 / D.S. 1.314

Título : Medidas de Seguridad en el Empleo y Manejo de Materias Primas Inflamables.  
Repartición : Ministerio de Economía  
Diario Oficial : 30/11/55

#### • Norma NCh 758/Of. 71 / Res. 110

Título : Sustancias Peligrosas, Almacenamiento de Líquidos Inflamables. Medidas Particulares de Seguridad.  
Repartición : Ministerio de Economía  
Diario Oficial : 25/08/71

#### • Norma NCh 389/Of. 72 7 D.S. 1.164

Título : Sustancias Peligrosas. Almacenamiento de Sólidos, Líquidos y Gases Inflamables. Medidas Generales de Seguridad.  
Repartición : Ministerio de Obras Públicas  
Diario Oficial : 04/11/74

---

<sup>3</sup> La repartición y fecha corresponden al Decreto Supremo citado en cada norma, y por el cual se oficializó la respectiva Norma Chilena. Para conocer el contenido de cada Norma, dirigirse al INN.

**• Norma NCh 1.411/4 Of. 78 / D.S. 294**

Título : Prevención de Riesgos. Parte 4: Identificación de Riesgos de Materiales.

Repartición : Ministerio de Salud

Diario Oficial : 10/11/78

**• Norma NCh 2.164/Of. 90 / D.S. 16**

Título : Gases Comprimidos, Gases para Uso en la Industria, Uso Médico y Uso Especial. Sistema SI Unidades de Uso Normal.

Repartición : Ministerio de Salud

Diario Oficial : 30/01/90

**• Norma NCh 1.377/Of. 90 / D.S. 383**

Título : Gases Comprimidos Cilindros de Gases para uso Industrial. Marcas para la Identificación del Contenido y de los Riesgos Inherentes.

Repartición : Ministerio de Salud

Diario Oficial : 16/05/91

## **9. PROCEDIMIENTOS DE OBTENCION DE PERMISOS (AUTORIZACIONES), CONTENIDO Y FISCALIZACION**

La legislación actual es bastante clara respecto de la instalación de una industria nueva o de la modificación de una ya existente. Según lo establecido en la Ley N° 19.300 de Bases del Medio Ambiente, y en su respectivo reglamento N° 30/97, éstas deben someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Este sistema, en función de las dimensiones del proyecto y de sus impactos esperados, define si la industria debe presentar un estudio de impacto ambiental o una declaración de impacto ambiental.

La ventaja de este sistema radica en que, habiéndose efectuado la evaluación ambiental, y concluido con una resolución que califica favorablemente el proyecto, ningún organismo del estado podrá negar los permisos sectoriales por razones de tipo ambiental.

Adicionalmente, para la instalación de una industria, en general, ésta debe obtener los siguientes certificados y permisos:

- Calificación técnica de actividades industriales (Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente).
- Permiso municipal de edificación (Municipalidad).
- Informe sanitario (Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente).
- Patente municipal definitiva (Municipalidad).

Para la obtención de cada uno de estos certificados, es necesario previamente obtener una serie de otros permisos, dependiendo del certificado solicitado.

En el caso de las industrias que iniciaron sus funciones con anterioridad a 1992, éstas deben obtener un certificado de calificación técnica, para verificar que están de acuerdo con el Plan Regulador de Santiago. Estas industrias deben ser mucho más cuidadosas en el cumplimiento de las normativas vigentes y aplicables.

En este contexto y en base a la normativa y regularizaciones ambientales desarrolladas en el punto anterior, a continuación se listan los permisos requeridos y las autoridades competentes, atendiendo a su localización, los impactos ambientales generados; y los riesgos de accidentes y enfermedades profesionales.

### **9.1 PERMISOS PARA LA LOCALIZACIÓN DE INDUSTRIAS**

En áreas urbanas con instrumento de ordenamiento territorial

- Permiso de construcción otorgado por la *Dirección de Obras Municipales*.  
*Requisitos:*  
⇒ Calificación técnica del Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente.

En áreas urbanas sin instrumento de ordenamiento territorial

- Permiso de construcción otorgado por la *Dirección de Obras Municipales*.  
*Requisitos:*
  - ⇒ Calificación técnica del Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente.
  - ⇒ Informe previo de la Secretaría Regional Ministerial de Vivienda y Urbanismo.

En áreas rurales

- Permiso de construcción otorgado por la *Dirección de Obras Municipales*.  
*Requisitos:*
  - ⇒ Informe del Servicio Agrícola y Ganadero.
  - ⇒ Informe de la Secretaría Regional Ministerial de Vivienda y Urbanismo.
  - ⇒ Informe de la Comisión Mixta de Agricultura, Vivienda y Urbanismo, Bienes Nacionales y Turismo.

## **9.2 PERMISOS PARA LA OBTENCIÓN DE LA CALIFICACIÓN TÉCNICA**

Para la solicitud de esta calificación técnica, las industrias deben llenar el formulario correspondiente en la oficina de partes del *Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente* (Av. Bulnes 194), acompañándolo de los siguientes antecedentes:

- Plano de planta del local, con distribución de maquinarias y equipos.
- Características básicas de la edificación.
- Memoria técnica de los procesos.
- Diagramas de flujos.
- Anteproyectos de medidas de control de contaminación del aire, manejo de residuos industriales líquidos, manejo de residuos industriales sólidos y control de ruidos.
- Anteproyectos de medidas de control de riesgos y molestias a la comunidad.

Este certificado se debe solicitar cuando la industria aún no se construye, y sólo se cuenta con el proyecto de ingeniería básica y algunos componentes con ingeniería de detalles.

## **9.3 PERMISO MUNICIPAL DE EDIFICACIÓN**

Para solicitar permiso de edificación o modificación física de la planta, la *Municipalidad* respectiva solicita un listado de documentos que se deben adjuntar, y que deben solicitarse en las diferentes reparticiones de los servicios:

- Patente profesional al día.
- Informe de calificación técnica del Servicio de Salud del Ambiente (SESMA) o en los Servicios de Salud Jurisdiccionales.
- Factibilidad de agua potable (en el prestador de servicio al cual se le deberá presentar un Proyecto).
- Certificado sobre la calidad de los residuos industriales líquidos de la SuperIntendencia de Servicios Sanitarios (SISS).
- Certificado de densidad de carga de combustible (si procede), para verificación de estructuras metálicas, Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.
- Planos y memoria de cálculo.
- Adjuntar el número de trabajadores separados por sexo.
- Plano señalando sistema de prevención de riesgos, salidas de emergencia y extintores.
- Plano general de la planta, señalando estacionamientos y áreas verdes.
- Planos de arquitectura con verificación e indicación de los sistema de ventilación.

#### **9.4 INFORME SANITARIO**

Para la obtención de una evaluación de informe sanitario, se deben retirar las solicitudes y formularios pertinentes, en la oficina del Servicio de Salud del Ambiente (SESMA), llenarlos y devolverlos exclusivamente al SESMA. Para obtener el informe sanitario, el industrial debe cumplir los siguientes requisitos:

- Solicitud de informe sanitario de la industria (SESMA).
- Declaración simple de capital propio inicial.
- Instructivos sobre exigencias generales y específicas para el rubro respectivo.

Una vez llenada la solicitud, ésta se presenta con los siguientes antecedentes:

- Clasificación de zona, informada por la Municipalidad de la comuna donde se encuentra el establecimiento (Dirección de Obras Municipales).
- Informe de cambio de uso de suelos (Servicio Agrícola Ganadero).
- Pago.
- Inspección del local, para verificación del cumplimiento de los requisitos.

Se deben cumplir una serie de requisitos y exigencias generales que dicen relación con los requerimientos sanitarios y ambientales básicos de los lugares de trabajo, y es así que al momento de presentar el certificado de informe sanitario, se debe acreditar los siguientes antecedentes, conforme se trate:

#### **9.4.1 Actividad, proceso y establecimiento**

- Certificado de calificación técnica, previo a la edificación.
- Flujograma de procesos de actividades.
- Plano local, con distribución de máquinas y propiedades colindantes.
- Plano de distribución de maquinarias.
- Certificado de recepción del local.

#### **9.4.2 Instalaciones sanitarias**

- Plano de agua potable pública.
- Plano de alcantarillado público.
- Comprobante de pago de agua potable y alcantarillado red pública (Empresa Sanitaria).
- Autorización sanitaria (Resolución de recepción), de instalación y funcionamiento de los sistemas de agua potable y alcantarillado particular, cuando no exista red pública (SESMA).
- Aprobación de proyecto y recepción de obras de sistemas de tratamiento y disposición de residuos industriales líquidos. La autoridad competente es la SuperIntendencia de Servicios Sanitarios (SISS). Los Servicios de Salud solicitarán Resolución de Puesta en Explotación del sistema de tratamiento de residuos industriales líquidos que otorga la SISS.
- Autorización de aprobación de declaración, transporte/tratamiento y disposición de residuos industriales sólidos (SESMA-PROCEFF).
- Resolución de autorización sanitaria para la instalación y funcionamiento del casino y comedores, para empresas sobre 25 empleados (Programa Control de Alimentos del SESMA).

#### **9.4.3 Instalaciones de energía**

- Certificados de instaladores registrados en la Superintendencia de Electricidad y Combustibles, de las instalaciones eléctricas y de gas (Superintendencia de Electricidad y Combustibles).
- Certificados de estanques de combustibles líquidos (Superintendencia de Electricidad y Combustibles).
- Certificados de estanques de gas licuado (Superintendencia de Electricidad y Combustibles).

#### **9.4.4 Equipos de vapor, agua caliente y radiación ionizante**

- Certificados de revisiones y pruebas de generadores de vapor (SESMA-PROCEFF).
- Certificados y pruebas de autoclaves (SESMA-PROCEFF).
- Informe de muestreos isocinéticos de material particulado de fuentes fijas (calderas, hornos, etc.), cuando corresponda (Empresa Registrada).

- Certificados de operadores de radiaciones ionizantes (Programa Salud Ocupacional del SESMA).

#### **9.4.5 Operadores calificados**

- Certificados de operadores de calderas industriales y calefacción (Programa Salud Ocupacional del SESMA).
- Licencias de operación generadores de radiaciones ionizantes (Programa Salud Ocupacional del SESMA).
- Licencia de conducción equipos de transporte (Departamento Tránsito Público Municipalidad Respectiva).

#### **9.4.6 Organización de prevención de riesgos para los trabajadores**

- Informe de detección, evaluación y control de riesgos (Mutual de Seguridad y SESMA).
- Oficio de aprobación del Reglamento Interno de Higiene y Seguridad (SESMA).
- Acta de Constitución Comité Paritario de Higiene y Seguridad, sobre 25 trabajadores (Inspección del Trabajo de la Dirección del Trabajo).
- Contrato de experto en Prevención de Riesgos cuando corresponda (sobre 100 trabajadores).
- Comprobante de pago de cotizaciones de seguro, según Ley N° 16.744 (Mutual de Seguridad e Instituto de Normalización Previsional).

El Informe Sanitario tiene carácter de obligatorio para todas las empresas, y se debe solicitar una vez iniciada las actividades de producción de la industria, es decir, cuando la industria *ya se encuentra operativa*. En el caso de tener Informe Sanitario desfavorable, es preciso regularizar la situación (arreglar las falencias) lo más rápido posible y solicitarlo nuevamente, ya que de lo contrario el SESMA tiene la facultad de dar permiso de no funcionamiento, en forma indefinida, hasta que se apruebe el Informe Sanitario.

### **9.5 PATENTE MUNICIPAL**

La patente municipal definitiva la otorga la Municipalidad respectiva, con la resolución favorable del informe o autorización sanitaria, emitida por el Servicio de Salud del Ambiente (SESMA), de acuerdo al artículo 83 del Código Sanitario.

### **9.6 ANTECEDENTES GENERALES DE CUMPLIMIENTO**

Los aspectos más relevantes que se deben considerar en el rubro de procesadores de frutas y hortalizas, para el cumplimiento de las normativas vigentes, y su fiscalización, son las siguientes:

### **9.6.1 Residuos industriales líquidos**

Se debe dar cumplimiento al Reglamento N 351/92 para neutralización y depuración de los residuos líquidos industriales. El *decreto* que autoriza el sistema de neutralización y/o depuración de los residuos industriales líquidos, fija el caudal de los efluentes tratados, los parámetros, sus valores máximos y rangos de tolerancia para la descarga de dichos efluentes, además de la forma y frecuencia de los informes del organismo fiscalizador.

Una vez promulgado el decreto de aprobación de la planta de tratamiento de residuos industriales líquidos, existe un período de prueba de 18 meses, en el cual se monitorea la calidad del efluente trimestralmente. Transcurrido ese período, la autorización es definitiva siempre que se cumpla con la normativa vigente. No está definido un seguimiento posterior (monitoreo) a esta fecha, de la calidad del efluente de salida de la planta de tratamiento.

### **9.6.2 Residuos industriales sólidos**

Las exigencias particulares que deben cumplir estos residuos son:

- Información al Servicio de Salud acerca de la cantidad y calidad de los residuos que se generarán.
- Autorización sanitaria para el almacenamiento de residuos sólidos industriales en el propio predio industrial.
- Autorización sanitaria respecto de los sitios de disposición final de residuos sólidos.
- Autorización sanitaria respecto de los sistemas de transportes de residuos sólidos industriales.
- Autorización sanitaria respecto de cualquier lugar destinado a la transformación de residuos sólidos industriales.

### **9.6.3 Emisiones atmosféricas**

Las calderas deben contar con los informes de muestreos isocinéticos de material particulado realizado por una empresa registrada en PROCEFF.

### **9.6.4 Organización de prevención de riesgos para los trabajadores**

Se debe contar con las medidas recomendadas para la salud ocupacional y las de seguridad ocupacional.

## 10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La industria productora de levadura genera principalmente residuos industriales líquidos, emisiones de compuestos orgánicos volátiles (olores) y ruidos y vibraciones.

Existen una serie de medidas para prevenir o minimizar la generación de residuos, lo cual contribuye eficazmente y sin mayor costo a cumplir con los estándares exigidos por la autoridad. Las medidas más relevantes son:

### *Residuos industriales líquidos*

- Segregación de los residuos líquidos muy concentrados (las aguas de separación de la levadura y la agua de lavado), especialmente de las aguas de refrigeración y las aguas domésticas.
- Implementación de sistemas de lavado de la levadura, con recirculación de las aguas del último lavado.
- Recirculación de las aguas de enfriamiento.
- Separar las aguas lluvias de las descargas de residuos industriales líquidos.
- Aprovechamiento al máximo del mosto (melaza).
- Reducción de las pérdidas de producto en la línea del proceso. Implementación de un programa de mantenimiento de los equipos, válvulas, etc.
- Operación de los equipos y máquinas a las temperaturas y flujos correctos.
- Pre-limpieza seca de los filtros y máquinas de embalajes, para que las pérdidas de levadura no lleguen a las aguas residuales en la etapa de limpieza de los equipos.
- Minimización del consumo de agua para la limpieza utilizando sistemas de alto rendimiento (agua a presión).

### *Emisiones de compuestos orgánicos volátiles*

- Alimentación incremental de la melaza a los fermentadores de manera que no se produzca un exceso de azúcar.
- Suministrar suficiente oxígeno a los fermentadores para optimizar el contenido de oxígeno disuelto en el líquido del fermentador.
- Tener un diseño y operación adecuados del sistema de aireación y agitación mecánica del fermentador, para que la distribución del oxígeno sea la óptima. La distribución del oxígeno a la mezcla de malta es crítico.
- Mantener un sistema de monitoreo continuo y un control de retroalimentación. Este sistema permite calcular mediante un computador los requerimientos de melaza y la adición necesaria. Si bien es un sistema de difícil diseño e implementación, permite reducir la formación de etanol desde un 75 a un 95%.

Con respecto a los sistemas de control de emisiones, una vez implementadas las medidas de prevención, se recomienda para los residuos industriales líquidos, por la concentración elevada de

los orgánicos, y la ausencia de tóxicos, el proceso anaeróbico para el tratamiento o pretratamiento de los efluentes; y/o una combinación con un tratamiento aeróbico, para que la eliminación de DQO pueda llegar a un 80%.

La elección de uno o de combinaciones de estos procesos, depende de los requisitos de calidad (descarga a cursos de agua o alcantarillado público), del sistema de pretratamiento, de la disponibilidad de terreno y de consideraciones económicas.

Finalmente cabe destacar algunos aspectos de la industria de levadura:

- Si bien existe una preocupación creciente por parte de los industriales para implementar algún tratamiento a los residuos industriales líquidos, la promulgación de la norma de emisión en el curso de este año, hace altamente conveniente comenzar a desarrollar los proyectos definitivos de tratamientos de los residuos.
- Es importante implementar sistemas de control de las fuentes generadoras de ruidos y vibraciones
- Las emisiones de olores, si bien no existen en la actualidad normas de emisión, deben ser minimizados con medidas preventivas adecuadas.
- Es importante fortalecer las medidas de seguridad y salud ocupacional de los trabajadores, en especial lo que dice relación con los implementos de seguridad.

## 11. Bibliografía

1. Environmental Protection Agency, *Emission Factor Documentation for AP-42, Yeast Production*, March 1994.
2. Organización Mundial de la Salud, *Rapid Assessment of Source of Air, Water, and Land Pollution*, 1982.
3. Ciftci, T., Ozturk, I., *Anaerobic Treatment of High Strength Wastes from the Yeast Industry*, Water Sciences Technology, Vol.28, N°2, 1993.
4. Ruffer, H., Rosenwinkel, K.-H., *Taschenbuch der Industrieabwasserreinigung*, Oldenbourg Verlag, München, 1991.
5. Fundación SERCAL- Friederich Ebert Stiftung, *Gestión Ambiental para la PYME*, 1994.
6. Economopoulos, A., *Assesment of Source of Air, Water and Land Pollution*; Organización Mundial de la Salud, Ginebra, 1993.
7. Instituto Nacional de Estadísticas (INE), 1993.
8. Banco Central, *Indicadores de Comercio Exterior*, 1997.
9. Instituto Nacional de Normalización-INN, *Sistema de Gestión Ambiental, ISO 14.001*, 1996.
10. Confederación de la Producción y el Comercio, Organización Internacional del Trabajo, *Impacto de las Normas ISO 14.000 en los Mercados y en la Gestión de las Empresas Chilenas*, 1996.
11. CORFO, *Líneas de Intermediación Financiera de CORFO, Normas para su Utilización*.
12. Ruffer, H., Rosenwinkel, K.-H. *Taschenbuch der Industrieabwasser-reinigung*, Oldenbourg Verlag, München, pp. 7-24, pp. 200-214 (1991).
13. Böhnke, E.B., Bischofsberger, W. y Seyfried, C.F. *Anaerobtechnik - Handbuch der Anaeroben Behandlung von Abwasser und Schlamm*, Springer Verlag, Berlin (1991).
14. Conama Región Metropolitana - INTEC-CHILE, *Pautas para Prevención y Control de la Contaminación en la Industria Procesadora de la Carne*, 1995.

15. Baszczak, Bob, EPA Control Technology Center (CTC) News, *Baker's Yeast Manufacturing*, 1995.
16. Environmental Protection Agency (EPA), *Disposal Municipal Waste Water Sludge*. USA, 1989.