

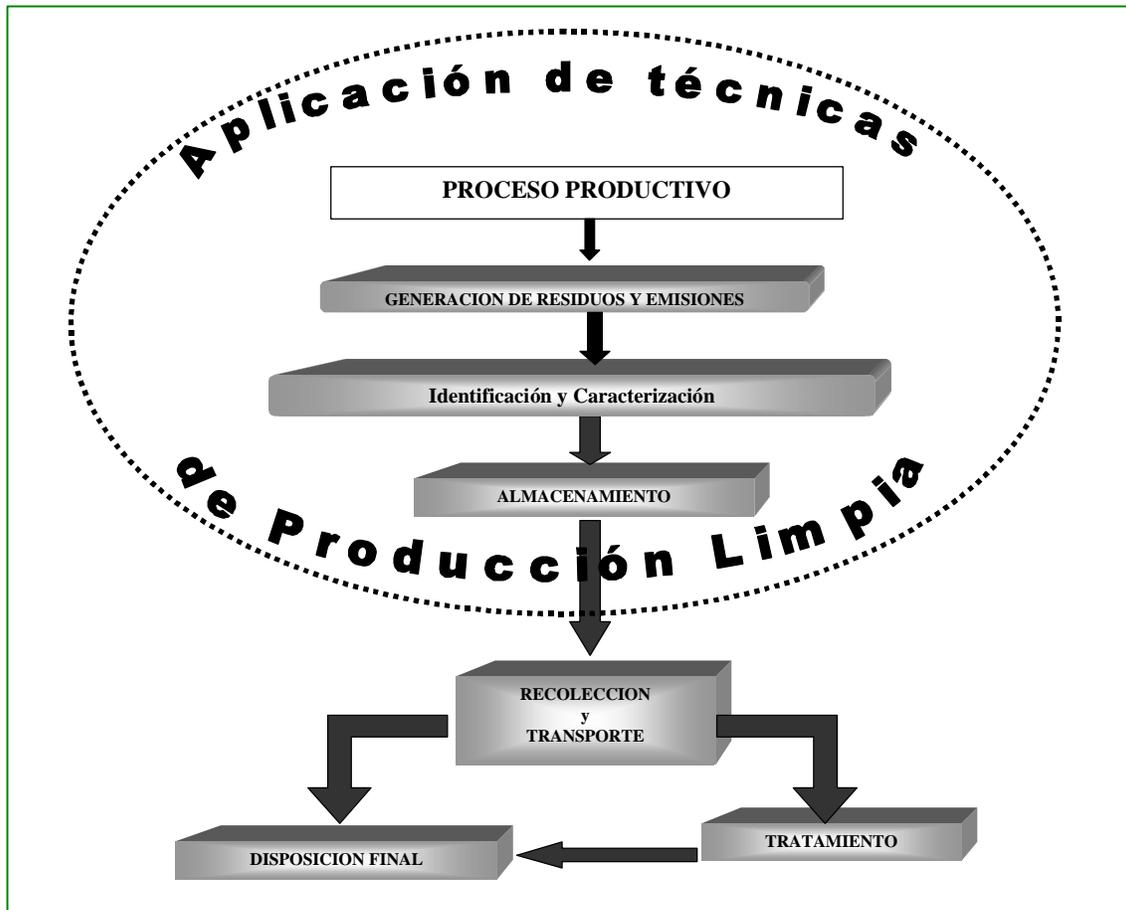
## CAPITULO 2.

# Gestión de Residuos Industriales

La gestión de residuos (sólidos, líquidos o gaseosos) corresponde a las diversas actividades que, condicionadas a aspectos técnicos, económicos, legales y administrativos, permite asegurar un buen manejo de éstos desde su generación hasta su disposición final.

Un buen manejo de los residuos es esencial para evitar o reducir el riesgo que tiene un posible contacto entre un contaminante con un determinado receptor. Las actividades principales y sus relaciones se muestran en el Cuadro N° 2.1 y se describen más adelante en este capítulo.

**CUADRO N° 2.1:**  
**ACTIVIDADES DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE RESIDUOS**



La aplicación de Técnicas de Producción Limpia (descritas en el Capítulo I) debe ser parte del proceso productivo y de las actividades de gestión de residuos que se realizan dentro de la empresa.

## 2.1 Definición de residuos industriales

Un residuo, ya sea sólido, líquido o gaseoso, en el marco del presente documento, queda definido como cualquier sustancia, objeto o materia, generado durante el proceso productivo o de consumo que ya no va a ser utilizado en el mismo establecimiento.

Entre los residuos, existen algunos que puede representar algún valor económico para terceros, como material reciclable y/o reutilizable, que se denominan residuos valorizables. Por el contrario, los residuos que no tienen valor económico y que presentan como único destino la disposición final en relleno sanitario y/o de seguridad, se denominan desechos.

Los residuos pueden diferenciarse según su origen como domiciliarios, hospitalarios o industriales. Los residuos industriales, que son los que en este caso nos interesan, provienen de los procesos de producción, transformación, fabricación, utilización, consumo o limpieza, y la gestión que se realice con ellos es una de las actividades fundamentales de la producción limpia, ya sean éstos: residuos industriales sólidos (RISES), residuos industriales líquidos (RILES) o emisiones atmosféricas.

El Reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo (D.S. N° 594 de 2000 del Ministerio de Salud) define como residuo industrial todo aquel residuo sólido o líquido, o combinación de éstos, provenientes de los procesos industriales y que por sus características físicas, químicas o microbiológicas no puedan asociarse a los residuos domésticos.

A continuación se entregan las definiciones de los diferentes residuos industriales, según su estado físico.

### 2.1.1 Residuos industriales líquidos

Los RILES corresponden a todas las corrientes líquidas del proceso industrial que son descargados fuera de la industria, ya sea al alcantarillado o a cuerpos de aguas superficiales.

En general, las cuatro fuentes de RILES, aplicables a toda industria corresponden a:

- o **Aguas residuales de procesos:** Resultan de las operaciones que emplean agua como medio de transporte de materiales, tales como reacciones en medio acuoso (procesos químicos, biológicos, térmicos), operaciones de separación por medio acuoso (desorción, absorción, extracción líquido-líquido), derrames, fugas, etc.

- **Aguas de lavado:** Proviene del lavado con agua de materiales de proceso (gases y sólidos), lavado de productos, operaciones de limpieza de instalaciones y equipos, etc.
- **Aguas de enfriamiento y condensados de vapor:** Normalmente, las operaciones industriales involucran procesos de transferencia de calor, para fines de enfriamiento o calentamiento. En ambos casos, el agua es el principal medio de transporte térmico, generando grandes volúmenes de este tipo de efluentes.
- **Residuos de naturaleza doméstica:** Se originan en los baños y casinos de la planta, es decir, resultan de actividades asimilables a domiciliarias, realizadas dentro de las dependencias de la industria.

La composición química de los RILES depende directamente de la naturaleza de los materiales empleados en los procesos productivos. Por ejemplo, los residuos líquidos de la industria láctea contiene principalmente carbohidratos, proteínas y grasas; los efluentes líquidos de la industria de refinación de petróleo se caracterizan por su contenido de hidrocarburos disueltos, sulfuro, amonio y compuestos fenólicos; los relaves de la industria minera son ricos en metales disueltos y compuestos utilizados como agentes de flotación, etc.

## 2.1.2

### Residuos industriales sólidos

Los RISES son todos los residuos sólidos o semi-sólidos resultantes de algún proceso u operación industrial, que no vayan a ser reutilizados, recuperado o reciclado en el mismo establecimiento industrial. Desde el punto de vista normativo<sup>1</sup>, se incluyen en esta definición aquellos productos de descarte que aún siendo líquidos o gaseosos son almacenados y transportados en contenedores. En estos casos el carácter de desecho sólido lo aporta el contenedor o recipiente que los contiene.

Los RISES pueden generarse a partir de cuatro causas principales:

- **Residuos finales de los procesos:** Resultan de las operaciones que no emplean completamente las materias primas (p. ej.: retazos de género, despuntes metálicos) o de aquellas operaciones donde se generan residuos no utilizables en el proceso (p. ej.: escorias, cenizas). También incluye los residuos de sistemas de tratamiento de efluentes líquidos o gaseosos (p. ej.: lodos de sedimentación, cenizas, polvos de los filtros).
- **Productos rechazados:** Proviene de los procesos de control de calidad, en los que un producto o materia prima puede ser rechazado cuando se encuentra fuera de especificación. (p. ej.: frutos afectados por pestes, cortezas húmedas o sucias en plantas de celulosa, artículos de cuero terminados rechazados por control de calidad)

---

<sup>1</sup> Esta definición de residuo sólido la entrega la Resolución 5.081 de 1993 del Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente, SESMA.

- **Embalajes:** Todos los envases y contenedores de materias primas e insumos (sólidos, líquidos o gaseosos) descartados una vez que cumplieron su objetivo de transporte y distribución de los productos (p. ej.: cajas, envoltorios, zunchos).
- **Fin de la vida útil del producto:** Normalmente los productos (o sus componentes) tienen un cierto tiempo de vida útil o una fecha de vencimiento, pasado el cual ya no pueden ser utilizados para lo que fueron producidos (p. ej.: medicamentos vencidos, piezas reemplazadas en la mantención de maquinaria, aceites usados).

### 2.1.3

#### Emisiones atmosféricas

Las emisiones atmosféricas son las descargas directas o indirectas a la atmósfera de gases o partículas por una chimenea, ducto o punto de descarga. En la industria, los contaminantes atmosféricos se generan principalmente a partir de los procesos de combustión o durante el procesamiento de las materias primas.

Las tres principales fuentes de contaminantes atmosféricos son:

- **Fuentes móviles:** Son aquellas que pueden desplazarse en forma autónoma, emitiendo contaminantes a lo largo de su trayectoria (automóviles, trenes, camiones, maquinaria pesada, buses, aviones, barcos, etc.).
- **Fuentes estacionarias o fijas:** Son aquellas que operan en un punto fijo, es decir, el foco de emisión no se desplaza en el tiempo (chimeneas industriales y domésticas, calderas, hornos, etc.). Estas se pueden clasificar, de acuerdo a la magnitud y distribución espacial de las emisiones, en fuentes puntuales o grupales.
- **Emisiones fugitivas:** Corresponden a aquellas emisiones atmosféricas que no han sido controladas, tales como evaporación de solventes de estanques de almacenamiento y tuberías de transporte, arrastre eólico de sólidos desde correas transportadas, acopios y caminos sin pavimentar, etc.

## 2.2 Clasificación de los residuos industriales

Los residuos industriales pueden clasificarse de varias formas, según su composición física, densidad, humedad, composición química o valor calorífico, así como por criterios y principios muy variados, acordes con la tecnología disponible, susceptibilidad de tratamiento, legislación ambiental vigente y/o idiosincrasia del lugar.

Desde el punto de vista de gestión ambiental es útil clasificarlos de acuerdo a su peligrosidad (ver Cuadro N° 2.2), en función de su eventual impacto al medio ambiente y a la salud de las personas:

### □ Residuo no peligroso

Un residuo no peligroso es aquel que no presenta peligrosidad efectiva ni potencial para la salud humana, el medio ambiente o el patrimonio público. Se subdividen en dos grupos: residuos inertes y no inertes. Por ejemplo, los baldosines sobrantes de la construcción son considerados inertes no peligrosos; mientras que los desechos alimenticios es decir, el foco de emisión no se desplaza (chimeneas industriales y domésticas, calderas, hornos, etc.) Estas se pueden clasificar, de acuerdo a la magnitud y distribución espacial de las emisiones, en fuentes puntuales o grupales.

- **Emisiones Fugitivas** : Corresponden a aquellas emisiones atmosféricas que no han sido controladas, tales como evaporación de solventes de estanques de almacenamiento y tuberías de transporte, arrastre eólico de sólidos desde correas transportadoras, acopios y caminos sin pavimentar, etc.,

### □ Residuo peligroso

Se define un residuo como peligroso cuando presenta un riesgo sustancial para la salud humana o su medio ambiente.

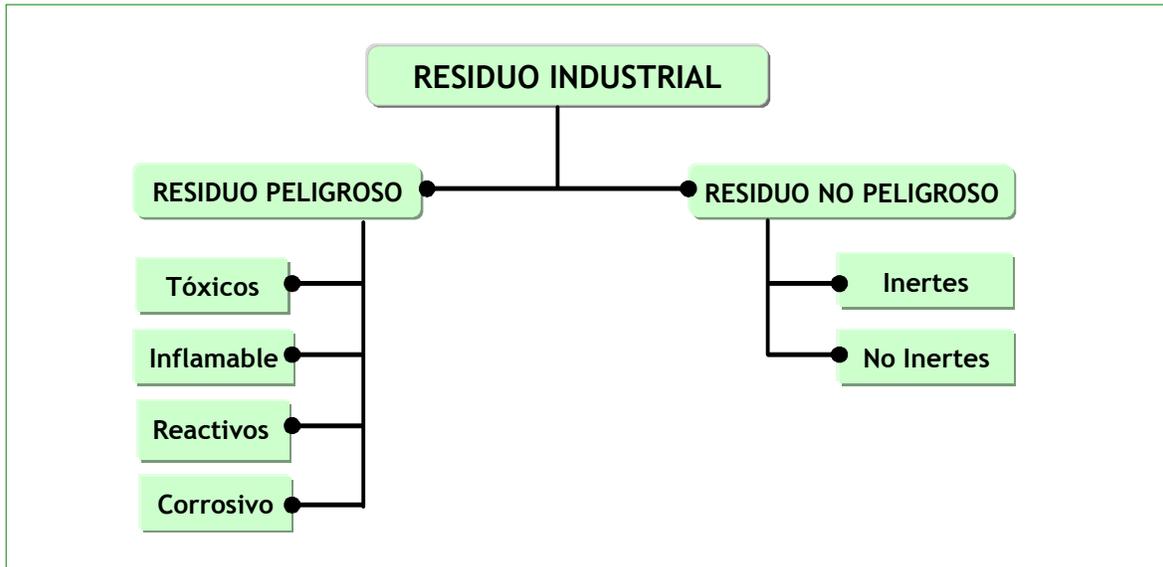
Para efectos de identificación, se entiende como residuo peligroso aquel que exhibe una o más de las siguientes características de peligrosidad:

- Toxicidad: Capacidad de una sustancia de producir enfermedades, ya sea por su ingestión, inhalación, o absorción a través de cualquier parte del cuerpo. La exposición a una sustancia de estas características puede generar efectos tóxicos acumulativos, carcinogénicos, mutagénicos o teratogénicos, o ser letales en bajas concentraciones. (p. ej.: vapores de benceno).
- Inflamabilidad: Capacidad de una sustancia de inflamarse bajo ciertas condiciones o de combustionarse espontáneamente en operaciones rutinarias manipulación, transporte o almacenamiento. (p. ej.: combustibles líquidos)
- Reactividad: Potencial de las sustancias para reaccionar químicamente liberando energía y/o compuestos nocivos ya sea por descomposición o por combinación con otros sustancia (p. ej.: soda caústica)
- Corrosividad: Capacidad de dañar o destruir los tejidos orgánicos (por contacto directo o por inhalación) o dañar otros materiales por acción química (p. ej.: ácido sulfúrico)

El D.S. N° 594 entrega un listado de elementos considerados peligrosos. Mientras que el futuro Reglamento sobre Manejo Sanitario de Residuos

Peligrosos, estudiado actualmente por el Ministerio de Salud, establecerá criterios precisos respecto a la determinación de peligrosidad de un residuo. Se espera que dicho Reglamento sea publicado próximamente.

**CUADRO N° 2.2:**  
**CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS INDUSTRIALES.**



## 2.3 Actividades de un sistema de gestión de residuos

### 2.3.1 Identificación y caracterización

La primera actividad para realizar una gestión eficiente de los residuos industriales es identificar las fuentes de generación y caracterizar la cantidad y composición de los residuos.

Identificar las fuentes y conocer las características de los residuos es importante porque permite detectar oportunidades para mejorar ineficiencias del proceso productivo, a través de la aplicación de técnicas de producción limpia.

Por otra parte, conocer la caracterización de los residuos es necesario para determinar si éstos están en condiciones de ser descargados (residuos líquidos o emisiones atmosféricas) o dispuestos en lugares adecuados (residuos sólidos). Es decir, si se cumple con las normas de emisión o las normas sanitarias correspondientes. A su vez, disponer de la caracterización de los residuos es fundamental para diseñar un sistema de tratamiento adecuado y eficiente, en caso que no se cumplan dichas normas y que previamente se hayan aplicado todas las técnicas de producción limpia.

Para identificar las fuentes de generación y caracterizar preliminarmente los residuos, es recomendable realizar un balance de materiales. Para lo cual inicialmente se debe recolectar información de los procesos, materia prima y productos. Posteriormente realizar un análisis detallado de los procesos, generando un diagrama de flujo, que identifique y cuantifique todos los afluentes y efluentes. El balance de materiales puede ayudar mucho a conocer el proceso con el fin de detectar posibles mejoras y medidas de minimización de residuos.

Sin embargo, para tener una buena caracterización de los residuos se debe realizar un análisis de muestras, a través de laboratorios reconocidos por la autoridad respectiva. Cada tipo de contaminante tiene diferentes técnicas de muestro y análisis, por ejemplo, el material particulado en las emisiones atmosféricas se determina a través del muestreo isocinético; la caracterización de los RILES se determina de acuerdo a las condiciones de toma de muestras y metodologías de análisis establecidas en las normas de emisión y las normas chilenas oficiales; la característica de toxicidad de un residuo peligroso puede comprobarse a través de un test de lixiviación.

Por último, cabe advertir que D.S. N° 594 establece que toda empresa, previo al inicio de sus actividades, debe presentar a la autoridad sanitaria una declaración en que conste la cantidad y calidad de los residuos industriales que genere, diferenciando claramente los residuos industriales peligrosos. Identificar los residuos peligrosos es fundamental porque este tipo de residuos requerirá un manejo especial, que será normado por el futuro Reglamento sobre Manejo Sanitario de Residuos Peligrosos estudiado actualmente por el Ministerio de Salud.

### 2.3.2 Almacenamiento

Un adecuado sistema de almacenamiento es fundamental, debido a los riesgos que representa un mal manejo de residuos, especialmente de aquellos considerados como peligrosos, tanto para la operación de la empresa, como para la salud de las personas y el medio ambiente.

Por lo tanto, son muy importantes las consideraciones que se tomen respecto a las condiciones que deben reunir los recintos de almacenamiento consecuentes a las operaciones que allí se realizan. El diseño de este sistema debe efectuarse considerando las características propias de los residuos:

- o Propiedades físico-químicas
- o Peligrosidad

Además debe contemplar las características del entorno:

- o Higiene y seguridad laboral
- o Tiempo máximo de almacenaje de cada residuo
- o Calidad de recipientes empleados
- o Disponibilidad de espacio

- o Ventilación adecuada
- o Operatividad en la recolección
- o Tasa de generación de los residuos.

Las condiciones específicas de los sitios donde se almacenan residuos peligrosos serán normadas por el Reglamento sobre Manejo Sanitario de Residuos Peligrosos, estudiado actualmente por el Ministerio de Salud. Sin perjuicio de lo anterior, estas áreas deben contar con sistemas de seguridad de acceso restringido, así como, los recipientes y embalajes que contengan residuos peligrosos deben estar debidamente etiquetados, según lo establecido en la NCh 1411/4.Of 1997. Estas etiquetas deben advertir respecto de los posibles riesgos o peligros a que pueden estar expuestas las personas en contacto con estos residuos, así como proporcionar la información necesaria en caso de accidente.

Por último, se debe tener en cuenta que el D.S. N° 594 establece que la acumulación de residuos industriales debe contar con una autorización sanitaria del Servicio de Salud correspondiente.

### 2.3.3

#### Recolección y transporte

Las actividades de recolección y transporte son aquellas en las que se realiza la carga de los residuos desde el punto de generación y su despacho, en condiciones seguras y adecuadas, a un lugar autorizado para su almacenamiento, tratamiento o disposición final. El principal riesgo asociado a estas faenas es el derrame, filtración o descarga (accidental o intencional) de los residuos al suelo, a la atmósfera o a cursos de aguas superficiales y napas subterráneas.

El diseño de un sistema de recolección y transporte de residuos industriales requiere efectuar primero una planificación estratégica donde se evalúen parámetros como: tipo de residuo a recolectar, normativa asociada a su transporte, volumen a recolectar, frecuencia de recolección, distancia entre lugar de generación y sitio de disposición final, maquinaria disponible, etc. Se debe tener presente que quien realice el transporte de RISES debe estar autorizado por el Servicio de Salud respectivo.

En caso de transportar residuos peligrosos se deberá cumplir con lo establecido en el D.S. N° 298 de 1994 del Ministerio de Transportes que reglamenta el transporte de cargas peligrosas por calles y caminos. Entre las exigencias establecidas están:

- o Marcado y etiquetado del embalaje de acuerdo a la clasificación y tipo de riesgo (NCh. 2190 Of.1993)
- o Identificación de los residuos peligrosos con sus respectivas hojas de datos de seguridad (NCh. 2353 Of. 1996)
- o Prohibición de transporte conjunto

- Diversas exigencias a los vehículos: antigüedad, instrumentos, limpieza
- Algunas exigencias específicas a la conducción
- Procedimientos de carga, transporte y descarga

### 2.3.4 Tratamiento

Los residuos que no pueden ser evitados o valorizados (reutilizados, recuperados o reciclados) en virtud de alguna de las técnicas de producción limpia, pueden necesitar ser tratados previo a su descarga o a su disposición final en lugares adecuados. Se define como tratamiento a todo mecanismo o proceso empleado para reducir la cantidad o peligrosidad de un residuo.

Los residuos líquidos y gaseosos deben ser tratados siempre que se excedan los límites establecidos en las normas de emisión correspondientes. Entre las excepciones se encuentran:

- Los RILES con contaminantes orgánicos que son descargados a un sistema de alcantarillado con planta de tratamiento, en cuyo caso, se puede contratar el tratamiento del exceso de carga orgánica a la empresa de servicios sanitarios respectiva.
- Las fuentes de emisiones atmosféricas que cuenten con compensación de emisiones (p. ej.: material particulado en la Región Metropolitana).

Los residuos sólidos comúnmente se disponen sin tratamiento previo. Sin embargo, los residuos peligrosos y los lodos provenientes de plantas de tratamiento siempre deben ser tratados con el fin de neutralizar sus propiedades.

Existe una gran variedad de métodos de tratamiento, y la aplicación de uno u otro dependerá de las características particulares de los residuos, de la disponibilidad de espacio y de los costos asociados. Entre los métodos de tratamiento destacan:

- Tratamientos físicos y químicos (p. ej.: sedimentación de sólidos suspendidos, neutralización de corrientes ácidas, enfriado de efluentes líquidos)
- Procesos biológicos (p. ej.: tratamiento de materia orgánica disuelta a través del proceso de lodos activados, compostaje de residuos agroindustriales, biofiltrado de gases)
- Estabilización y solidificación (p. ej.: cementación de residuos tóxicos)
- Destrucción térmica (p. ej.: incineración de corrientes gaseosas para recuperar calor)

En el caso que los residuos generados requieran de tratamiento, éste podrá ser efectuado tanto dentro de la propia empresa como fuera de ella, siempre que quien realice el tratamiento cuente con la Autorización Sanitaria del Servicio de Salud respectivo.

Es preciso recordar además, que los proyectos de saneamiento ambiental, tales como plantas de tratamiento de residuos industriales líquidos o sólidos tienen la obligación de someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental de acuerdo a lo establecido en Ley de Bases del Medio Ambiente (Ley N° 19.300).

### 2.3.5

#### Disposición final

Los residuos cuando ya no tienen valor económico se consideran como desechos y presentan como único destino la disposición final en relleno sanitario y/o de seguridad.

La aplicación de los tratamientos anteriormente descritos resulta en una disminución en la cantidad y peligrosidad de los residuos industriales; sin embargo, no elimina la necesidad de disposición final de éstos. Es más, como resultado de aplicar sistemas de tratamiento en muchos casos se obtienen los contaminantes concentrados, los que necesariamente tendrán que ser dispuestos finalmente como residuo sólido (ver Cuadro N°2.3) en un relleno.

La disposición final consiste en la entrega de los desechos, debidamente tratados, en un relleno que cuente con la Autorización Sanitaria para recibir el tipo de residuo que se va a disponer, otorgada por el Servicio de Salud correspondiente.

El relleno es un sistema de acumulación, que aplica principios de ingeniería para confinar y compactar los residuos, con el propósito de que sus propiedades nocivas no puedan afectar en ningún caso, ni en el tiempo, al ambiente y a la salud humana.

Los rellenos pueden ser de dos tipos, dependiendo de la peligrosidad del residuo que vayan a recibir. Los residuos domiciliarios y residuos industriales no peligrosos pueden disponerse en rellenos sanitarios. Mientras que los residuos peligrosos, deben disponerse en rellenos de seguridad, diseñados específicamente para este tipo de residuos con sistemas de control más estrictos y sofisticados. En la actualidad, en Chile existen dos rellenos de seguridad, ubicados en la Región Metropolitana y la VIII Región.

Para asegurar un manejo adecuado de los residuos industriales y evitar la disposición ilegal de éstos, el D.S. N° 594 establece que las empresas deben solicitar una autorización de disposición de residuos al Servicio de Salud respectivo, a través de una carta dirigida al Director del Servicio en que se indiquen los datos de la actividad, del tipo de residuos, del transportista, del destinatario.

Adicionalmente, con el fin de establecer un catastro de los residuos generados y garantizar que se dispongan en lugares autorizados, el Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente implementó, en la región metropolitana, la Resolución N° 5.081 de 1993 que establece un sistema de declaración y

seguimiento de los desechos sólidos industriales generados en la Región Metropolitana, que obliga a generadores, transportistas y destinatarios a hacerse responsable de cada una de las etapas de manejo frente a la autoridad y a la comunidad en su conjunto. El futuro Reglamento sobre Manejo Sanitario de Residuos Peligrosos hará extensivo este sistema a los residuos peligrosos de todo el país.

**CUADRON° 2.3:  
EL FIN DE TODOS LOS CONTAMINANTES ES LA DISPOSICIÓN FINAL COMO RESIDUO SÓLIDO.**

