

1 Tratamientos físicos

Los procesos físicos aplicados al tratamiento de los residuos, se utilizan fundamentalmente para llevar a cabo la separación del residuo en sus fases o en sus componentes y la concentración de las sustancias responsables de su peligrosidad. Las operaciones de separación, bien por procedimientos mecánicos forzados, como por ejemplo las filtraciones de todos los tipos o la centrifugación, bien por procedimientos hidráulicos como puede ser la decantación.

Estos tratamientos no modifican la constitución de los componentes, sino la forma de presentación y pueden utilizarse como técnicas separadas o como complemento a los métodos químicos o biológicos.

Algunos flujos de residuos, tales como lechadas, lodos o emulsiones, requieren a menudo un proceso de separación de fases bien antes de su detoxificación o bien previamente a la aplicación de operaciones de recuperación. Esta separación de fases de los residuos permite una reducción significativa de su volumen, sobre todo si el componente peligroso está presente de forma mayoritaria tan solo en una de las fases, y es aplicable a una amplia gama de residuos.

Los procesos físicos de separación de componentes actúan segregando especies iónicas o moleculares, procedentes de flujos de residuos de composición múltiple, y no requieren reacciones químicas para ser efectivos. Se aplican frecuentemente en el tratamiento de aguas y lodos residuales industriales.

Las operaciones físicas que actualmente se consideran útiles para el tratamiento de residuos peligrosos son las siguientes:

- | | |
|--|---|
| * Centrifugación | * Sedimentación / Decantación |
| * Destilación | * Evaporación |
| * Filtración | * Floculación |
| * Flotación | * Precipitación |
| * Separación por aire ("Stripping" por aire) por vapor) | * Separación por vapor ("Stripping" por vapor) |
| * Adsorción sobre carbón activado | * Adsorción en resina o carbón activado |
| * Cristalización (por congelación) | * Fijación de metales |
| * Intercambio iónico | * Extracción con disolventes |
| * Destilación por vapor | * Ultra filtración |
| * Osmosis inversa | * Electrodialisis |

2 Tratamientos Químicos

Los tratamientos químicos, comprenden distintas reacciones estequiométricas que entran en juego en cada una de las operaciones químicas. Las reacciones son particulares

de cada operación, lo que caracteriza cada tipo de tratamiento químico. Existe una gran variedad de procesos químicos aplicables al tratamiento de los residuos pero, en líneas generales, los podemos clasificar en dos grandes categorías: los que destruyen los residuos y los que tan solo reducen la movilidad de los componentes tóxicos del residuo. Como ejemplo de los primeros se puede citar la destrucción química de los cianuros, y entre los segundos, la precipitación de metales pesados que los inmoviliza en forma de hidróxidos.

En líneas generales, los tratamientos químicos producen una modificación de la estructura molecular de los componentes peligrosos de los residuos, transformando estos componentes en otros que tienen características distintas, en general menos contaminantes. En algunos casos esta transformación es irreversible pero en otros pueden reproducirse las características de peligrosidad si se alteran las condiciones externas.

Generalmente, para el tratamiento de residuos no se utilizan aisladamente las tecnologías de tratamiento químico, sino en combinación con las físicas y biológicas. Por lo general, los residuos se someten en primer lugar a un tratamiento físico-químico y, por último, a un tratamiento de tipo biológico.

Los procesos químicos aplicables al tratamiento de los residuos industriales peligrosos son, fundamentalmente, los que se enumeran a continuación:

- * Neutralización
- * Reducción química
- * Estabilización química
- * Catálisis
- * Oxidación por aire húmedo
- * Ozonólisis
- * Electrólisis
- * Descarga de microondas.
- * Decloración
- * Precipitación química
- * Calcinación y sinterización
- * Oxidación química
- * Hidrólisis
- * Clorólisis
- * Extracción mediante fluido supercrítico
- * Oxidación por agua supercrítica

Neutralización

Es el tratamiento químico común y final de todas las operaciones relacionadas con el tratamiento físico-químico. En algún caso es por sí misma una operación de tratamiento, como por ejemplo en el caso de precipitación de metales, que se produce a un pH determinado, y en otros casos, es el ajuste final de pH que sigue a otro tratamiento específico, como es el caso de las neutralizaciones posteriores a la oxidación o reducción.

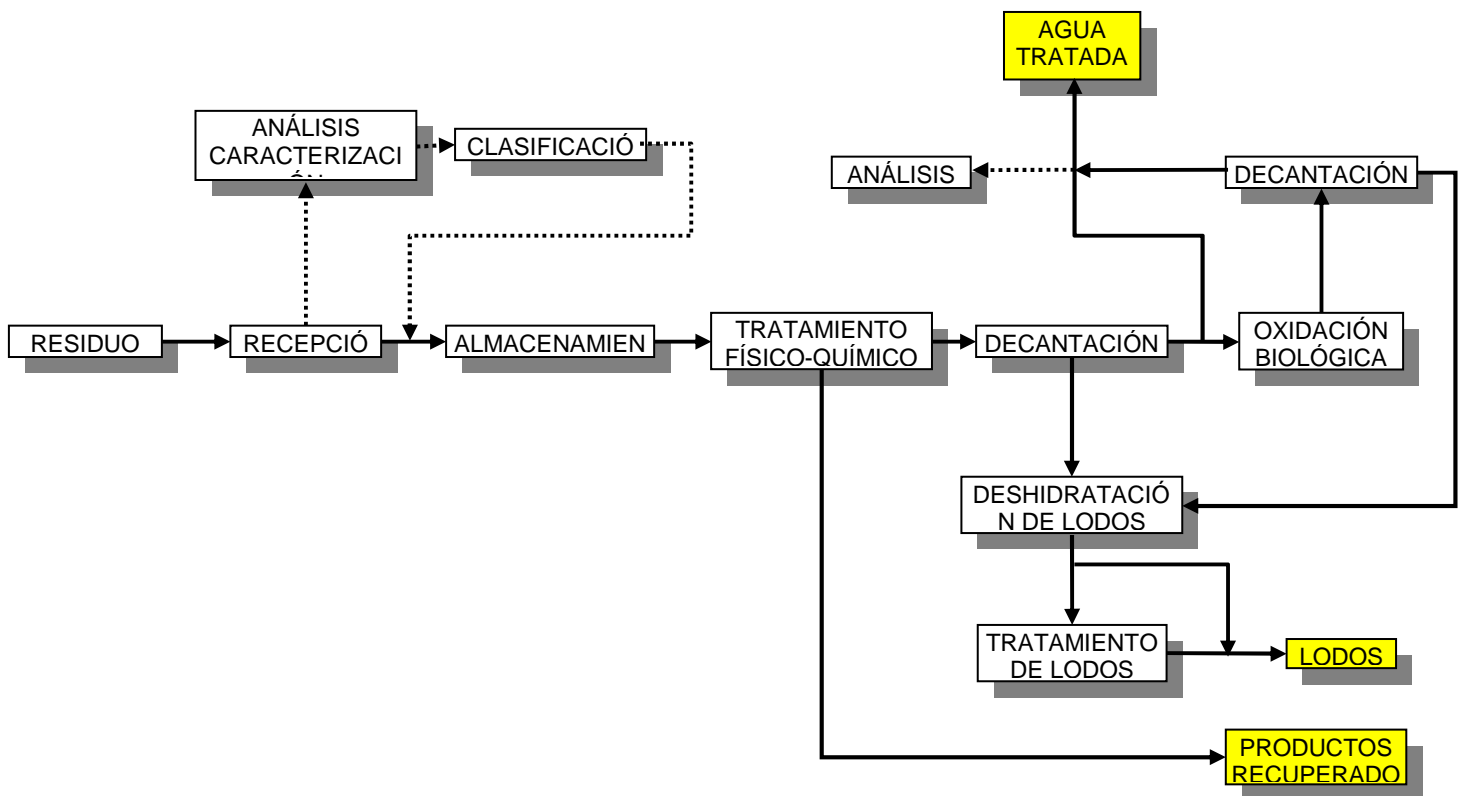
El tiempo de reacción es inmediato, por lo que el dimensionado de las cubas de reacción se efectuará desde un punto de vista hidráulico exclusivamente.

La reacción es prácticamente instantánea y conduce a un producto final de carácter fangoso, que en función de su concentración deberá ser decantado o filtrado. Si la concentración de sólidos en suspensión es baja, se puede efectuar la separación de estos del agua por simple decantación, pero si es muy elevada puede ser más conveniente utilizar una filtración.

El agua clarificada podrá ser evacuada al punto de vertido correspondiente y el fango desecado, deberá ser depositado en un vertedero controlado previsto para ello.

En el siguiente esquema se muestran un diagrama de flujo de sistemas de tratamiento físico-químicos:

Esquema del proceso de una planta de tratamiento Físico-Químico



Oxidación

Este proceso se utiliza como operación primaria previa a la neutralización para la transformación de determinados productos potencialmente peligrosos en otros menos nocivos o más estables que posteriormente serán precipitados. La utilización más frecuente de este procedimiento es la de oxidación de cianuros que se realiza con: hipoclorito sódico o cálcico.

El medio más aconsejable de realizar la operación, es elevar desde el principio el pH por encima de 10 y posteriormente, dosificar el hipoclorito. De esta forma, se evita además, el riesgo de desprendimiento de cianhídrico.

Reducción

Esta es una operación que se realiza principalmente para reducir el cromo hexavalente, fuertemente tóxico, a cromo trivalente.

Como en el caso de la oxidación de cianuros, la velocidad de la reacción es función de pH, debiendo trabajar con un pH fuertemente ácido para que el tiempo de reacción sea

lo más corto posible. Una vez realizada la operación, será preciso neutralizar el residuo de igual forma que se ha mencionado en el caso del cianuro.

3 Inertización

En el capítulo de Neutralización se ha indicado que el fango desecado procedente del equipo de filtración correspondiente, se depositaba en un vertedero controlado. En determinados casos, esto no es posible por el riesgo de redisolución de metales que podría suceder, o porque en caso de lixiviación podrían dar origen a una contaminación de acuíferos circundantes. En estas circunstancias, es necesario inertizar el residuo. La inertización estricta es difícil obtener por lo cual algunos prefieren hablar de técnicas de solidificación y estabilización. Existen numerosos procedimientos de inertización, por lo que únicamente citaremos el más importante.

El más utilizado para residuos industriales, se basa en la dosificación de unos reactivos con base de silicatos. Estos productos reaccionan con el residuo y conducen a un conjunto de cambios sustanciales en la estructura del residuo, de tal forma que transforman, incluso, el estado físico pasando de líquidos fangosos a sólidos.

Las características fundamentales del subproducto final son las siguientes:

- * Formación de una estructura cristalina, en la que queda incluido el metal a fijar.
- * Impermeabilidad del subproducto a depositar.
- * Endurecimiento con el tiempo.

El conjunto de todas aquellas conduce a que el producto que finalmente se depositará en el vertedero, no presentará problemas de lixiviación, no permitirá el paso del agua de lluvia hacia el interior de la capa depositada y se adaptará a la configuración del terreno. Este procedimiento es particularmente válido para el tratamiento de residuos con metales pesados fuertemente contaminantes.

Los sistemas de solidificación y estabilización utilizados más frecuentemente en el tratamiento de los residuos industriales son:

- Procesos que utilizan Cemento
- Procesos que utilizan Cal y Material Puzolánico
- Sorción
- Microencapsulación Termoplástica
- Macroencapsulación
- Encapsulado con productos inorgánicos

4 Tratamientos térmicos

En teoría, la forma más definitiva para eliminar residuos, es la destrucción térmica, pues es la que ofrece la posibilidad de conseguir la mayor reducción de volumen. El

tratamiento térmico es un proceso en el que interviene el calor y las reacciones fisicoquímicas, donde la presencia del oxígeno es básica. En función de estos efectos se distinguen los diversos tratamientos.

La abundancia de oxígeno conduce a técnicas de incineración a alta temperatura, donde se generan gases oxidados como CO_2 , H_2O , NO_x ..., Los residuos sólidos de la combustión, como escorias y cenizas estarán exentos de compuestos volátiles y los metales estarán en su forma oxidada, lo que previsiblemente, les confiere un carácter inerte. Por otra parte el exceso de oxígeno conduce a una combustión a baja temperatura, por la gran cantidad de inertes en la mezcla de gases (por la presencia de nitrógeno). Independientemente de la ineficacia en la recuperación energética, no puede garantizarse la destrucción de los compuestos orgánicos presentes en los residuos.

La reducción de oxígeno en procesos a alta temperatura conducen a técnicas de pirolisis donde se generan gases parcialmente oxidados como el CO y el CH_4 y residuos carbonizados. No es segura la destrucción de todos los compuestos orgánicos vaporizados ni que todos los metales no vaporizados estén en estado de oxidación completa.

En los procesos a temperatura no muy elevada y con reducción de oxígeno, no se produce la rotura molecular ni ningún tipo de reacción química sino la destilación y evaporación de sustancias volátiles, que en una posterior condensación dan lugar a líquidos o sólidos pastosos

Para que el tratamiento térmico sea correcto, se tienen que cumplir una serie de condiciones que afectan a los parámetros fundamentales, tales como: **temperatura óptima de combustión**, **tiempo de retención** adecuado, buena mezcla del residuo con el aire de combustión y el combustible auxiliar, etc. Las características intrínsecas del producto que condicionan los valores de funcionamiento de la incineración son las siguientes:

Estado: En función del estado físico del residuo sólido o líquido, se seleccionará el tipo de horno a emplear o el sistema más adecuado.

Composición química: El contenido en alguno de sus componentes puede definir la temperatura necesaria para su eliminación, el tiempo de retención e incluso la posibilidad de precisar una dilución inicial, como sucede con residuos con concentraciones elevadas en cloro.

Poder calorífico inferior: Para que un residuo sea autoincinerable, es decir, que tenga el poder calorífico suficiente para su combustión sin necesidad de combustible adicional, su PCI debe ser superior a 2200 Kcal.

De una forma general, se puede indicar que para una correcta incineración se precisan temperaturas del orden de $850\text{ }^\circ\text{C}$, aún cuando para residuos muy concretos como es el caso de los orgánicos halogenados, puede necesitarse llegar hasta los $1.100\text{ }^\circ\text{C}$. Los tiempos de retención a estas temperaturas oscilan entre 2 y 5 segundos.

Los tipos de incineradores más comúnmente utilizados son los de inyección, parrilla fija, horno rotativo y lecho fluidificado. La incineración de inyección se aplica exclusivamente para residuos líquidos o bombeables. Tienen un cuerpo cilíndrico recubierto de material refractario donde se produce la combustión por medio de uno o

varios quemadores. Los residuos se inyectan finamente pulverizados por medio de boquillas orientadas convenientemente.

Las instalaciones de incineración por horno rotativo, son más versátiles que las anteriores, puesto que admiten tanto residuos líquidos como sólidos. Se componen de un cilindro horizontal montado con una ligera inclinación y recubierto de material refractario. La rotación del cilindro alrededor de su eje, desplaza al residuo a través de él y favorece el contacto.

La incineración puede realizarse en dos tipos de instalaciones:

- Las diseñadas específicamente para la destrucción de residuos, con o sin recuperación de energía. Aunque el objetivo fundamental es la destrucción de los residuos, de acuerdo con la normativa, la recuperación energética deberá aplicarse siempre que sea posible. En estas plantas incineradoras, lo habitual es que acepten cualquier tipo de residuos.

Otras instalaciones diseñadas para otros fines pero que, por sus características, son susceptibles de ser usadas en el tratamiento de residuos. Para estas instalaciones, (cementerías, ciertas centrales térmicas), el tratamiento de residuos persigue la reducción del coste energético de otras producciones, mediante la sustitución de combustible tradicionales por residuos. En estas instalaciones, la gama de residuos está muy limitada: sólo se aceptan aquellos residuos que, junto con un poder calorífico elevado, no contengan contaminantes que puedan tener influencias negativas en los procesos principales o den lugar a emisiones que no pueden ser efectivamente controladas con los sistemas habituales en estas plantas.

Todos los sistemas deben tener como elemento final, algún equipo para el lavado y depuración de gases.

Control: Dada la gran variedad de residuos que pueden ir a un incinerador y su incidencia tanto en el medio ambiente como en los equipos de proceso, es muy importante realizar un severo control de los residuos y su tratamiento.

El primer control a realizar se refiere a la estricta selección de los residuos que puedan ser incinerados. El segundo control es el del rendimiento de la reincineración propiamente dicha, para ello, se determinan una serie de parámetros que conforman la situación del estado de la incineración. Los más importantes son: Partículas, sustancias orgánicas, HCl, HF, NO_x, SO₂ y elementos pesados. La legislación vigente fija los valores de emisión en los gases de escape.

Uno de los productos más controvertidos y con incidencia en la salud humana y el medio ambiente, resultante de la combustión en determinadas circunstancias (no solo de residuos), son las dioxinas. Por esa razón se han desarrollado sistemas de depuración de gases con un desarrollo tecnológico muy alto. De hecho, actualmente, los avances tecnológicos y la experiencia en estos procesos, permiten reducir la emisión de estos productos contaminantes a cantidades insignificantes (que rayan con los límites de detección).

Principales tratamientos térmicos

Entre los principales tratamientos térmicos utilizados para la eliminación de los residuos se pueden citar los siguientes:

- Incineración
- Co-incineración en procesos industriales a altas temperaturas.
- Procesos basados en la generación de plasma.
- Unidades productoras de radiación infrarroja.
- Sistemas de generación de calor basados en la energía solar.
- Incineración catalítica.
- Oxidación supercrítica en medio acuoso.
- Pirolisis.
- Termólisis.
- Incineración electroquímica.
- Baño de acero líquido a alta temperatura.

Características y aplicaciones de los sistemas de incineración más utilizados

| TIPO DE PROCESO | FUNDAMENTO | APLICACIÓN |
|-------------------|--|--|
| Horno Rotativo | Los residuos son quemados en un cilindro refractario rotativo | Cualquier residuo combustible sólido, líquido o gas |
| Inyección Líquida | Los residuos son atomizados con aire a presión y quemados en suspensión | Líquidos y suspensiones que pueden ser bombardeados |
| Pisos Múltiples | Los residuos descienden a través de varias parrillas para ser quemados en zonas de combustión progresivamente más calientes | Fangos y residuos granulados |
| Lecho Fluidizado | Los residuos son inyectados en un lecho agitado de partículas inertes calentadas que transfieren calor eficientemente a los residuos durante la combustión | Líquidos orgánicos, gases y sólidos granulares o bien procesados |

Normativa específica

El **Real Decreto 653/2003, de 30 de mayo, sobre incineración de residuos** (BOE 14 de junio de 2003), incorpora al ordenamiento interno la Directiva 2000/76/CE, con la finalidad de limitar al máximo los efectos ambientales de las actividades de incineración y co-incineración de residuos. En consecuencia, el régimen jurídico de estas actividades debe ajustarse a las exigencias ambientales derivadas de la legislación

general sobre residuos, regulada con carácter básico en la Ley 10/1998, de 21 de abril, de Residuos.

De esta manera, se adoptan una serie de exigencias en relación con la entrega y recepción de los residuos en las instalaciones, así como unas condiciones sobre su construcción y explotación en las que también se distingue si en la instalación se realiza incineración o coincineración, y que resultan más estrictas cuando se trata de residuos peligrosos, tal como se recoge en la directiva que se incorpora.

Asimismo, en lo que se refiere a la contaminación atmosférica que puede producirse en las actividades de incineración y coincineración de residuos, se fijan valores límite de emisiones a la atmósfera que son comunes para los diferentes tipos de residuos que se incineren, haciendo uso para ello de la Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera.

Según el texto refundido de la Ley de Aguas, y en la Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas, se adoptan de igual forma, valores límite de emisión de determinados contaminantes que habrán de aplicarse al vertido de las aguas residuales procedentes de la depuración de los gases de escape de las instalaciones de incineración y coincineración, y se establecen exigencias en cuanto a mediciones y control, tanto si el vertido se realiza a las aguas continentales como a las marinas.

Especial relevancia, adquiere la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación, en cuyo ámbito de aplicación están incluidas las instalaciones de incineración de residuos peligrosos con una capacidad de más de 10 toneladas por día y las de incineración de residuos urbanos o municipales con una capacidad de más de tres toneladas por hora. Las instalaciones de incineración y coincineración que tengan la consideración de nuevas, de acuerdo con la mencionada ley, y de existentes, de acuerdo con este real decreto, estarán lógicamente sometidas a la autorización ambiental integrada, si bien la normativa sectorial que se deberá tener en cuenta para la fijación de los valores límite de emisión, así como la documentación que deba incluirse en la solicitud de dicha autorización, vendrán determinadas por el régimen anterior a la entrada en vigor de este real decreto.

Ámbito de aplicación

El Real Decreto 653/2003, se aplica a las instalaciones de incineración y coincineración de residuos, con excepción de las siguientes:

a) Instalaciones en las que sólo se incineren o coincineren los siguientes residuos, siempre que se cumplan los requisitos que se señalan:

1º Residuos vegetales de origen agrícola y forestal.

2º Residuos vegetales procedentes de la industria de elaboración de alimentos, si se recupera el calor generado.

3º Residuos vegetales fibrosos obtenidos de la producción de pasta de papel virgen y de la producción de papel a partir de pasta de papel, si se coincineran en el lugar de producción y se recupera el calor generado.

4º Residuos de madera, con excepción de los que puedan contener compuestos organohalogenados o metales pesados como consecuencia del tratamiento con sustancias protectoras de la madera o de revestimiento.

5º Residuos de corcho.

6º Residuos radioactivos.

7º Cadáveres enteros de animales y partes de ellos que, a su vez, tengan la consideración de subproductos animales no transformados, de conformidad con lo establecido en el Reglamento (CE) nº.1774/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 3 de octubre de 2002, por el que se establecen las normas sanitarias aplicables a los subproductos animales no destinados al consumo humano. En tal caso, estos residuos se tendrán que incinerar o coincinerar de acuerdo con lo establecido en el citado Reglamento y en la normativa que resulte de aplicación.

8º Residuos resultantes de la exploración y explotación de petróleo y gas en plataformas marinas incinerados a bordo.

b) Instalaciones experimentales utilizadas para la investigación, el desarrollo y que incineren o coincineren menos de 50 toneladas de residuos al año.

No obstante, los requisitos específicos establecidos en el Real Decreto para la incineración o coincineración de residuos peligrosos no se aplicarán a los siguientes residuos, a pesar de su condición de peligrosos:

a) Residuos líquidos combustibles, incluidos los aceites usados definidos en el artículo 1 de la Orden ministerial de 28 de febrero de 1989, por la que se regula la gestión de aceites usados, siempre y cuando cumplan los siguientes criterios:

1º. Que el contenido en masa de hidrocarburos aromáticos policlorados, como los policlorobifenilos (PCB) o el pentaclorofenol (PCP), no supere las concentraciones establecidas en la orden ministerial anteriormente citada.

2º Que estos residuos no se conviertan en peligrosos por contener otros constituyentes de los enumerados en el Real Decreto 833/1988, modificado por el Real Decreto 952/1997 (Reglamento vigente de la antigua ley de residuos tóxicos derogada), en cantidades o concentraciones que impidan cumplir los objetivos fijados en la Ley de Residuos, pues su incineración podría poner en peligro la salud humana y perjudicar el medio ambiente.

3º Que el valor calorífico neto sea, como mínimo, de 30 MJ por kilogramo.

b) Cualesquiera residuos líquidos combustibles que no puedan provocar, en los gases resultantes directamente de su combustión, emisiones distintas de las procedentes del gasóleo, o una concentración de emisiones mayor que las resultantes de la combustión del gasóleo.

Autorización administrativa

1. Las instalaciones de incineración y coincineración estarán sometidas al siguiente régimen de autorización:

a) Las instalaciones incluidas en el ámbito de aplicación de la Ley 16/2002, sobre IPPC, deberán contar con la autorización ambiental integrada.

b) El resto de instalaciones no incluidas, requerirán las autorizaciones exigidas en la Ley 10/1998 de **Residuos** y en la Ley 34/2007, de calidad del aire y protección de la **atmósfera**, sin perjuicio del resto de licencias o autorizaciones que igualmente sean exigibles en virtud de lo establecido en otras disposiciones. Del mismo modo, en estos casos serán exigibles las autorizaciones de **vertidos** al medio acuático establecidas en el

texto refundido de la Ley de Aguas, y en la Ley 22/1988, de Costas. En estos supuestos, las instalaciones de incineración o coincineración de residuos urbanos no sometidas a la autorización exigida en la Ley 10/1998, deberán cumplir lo establecido en este real decreto.

Condiciones de diseño, equipamiento, construcción y explotación.

1. El diseño, equipamiento, construcción y explotación de las instalaciones de incineración se realizará conforme a los siguientes requisitos:

a) Las instalaciones se explotarán de modo que se obtenga un grado de incineración tal que el contenido de carbono orgánico total (COT) de las escorias y las cenizas de hogar sea inferior al 3 % o, alternativamente, su pérdida al fuego sea inferior al 5 % del peso seco de la materia.

b) Las instalaciones se diseñarán, equiparán, construirán y explotarán de modo que, tras la última inyección de aire de combustión, incluso en las condiciones más desfavorables, al menos durante dos segundos, la temperatura de los gases derivados del proceso se eleve de manera controlada y homogénea hasta 850 °C. Si se incineran residuos peligrosos que contengan más del 1 % de sustancias organohalogenadas, la temperatura deberá elevarse hasta 1.100 °C, al menos durante dos segundos.

c) Todas las líneas de la instalación de incineración estarán equipadas al menos con un quemador auxiliar que se ponga en marcha automáticamente cuando la temperatura de los gases de combustión, descienda por debajo de 850°C o 1.100°C, según los casos contemplados Asimismo, se utilizará dicho quemador durante las operaciones de puesta en marcha y parada de la instalación a fin de que la temperatura de 850°C o 1.100 °C, según los casos se mantenga en todo momento durante estas operaciones, mientras haya residuos no incinerados en la cámara de combustión.

d) Durante la puesta en marcha y parada, o cuando la temperatura de los gases de combustión descienda por debajo de 850°C o 1.100°C, según los casos, el quemador auxiliar no podrá alimentarse con combustibles que puedan causar emisiones mayores que las producidas por la quema de gasóleo.

2. Las instalaciones de incineración y coincineración tendrán y utilizarán un sistema automático que impida la alimentación de residuos en los siguientes casos:

a) En la puesta en marcha, hasta que se haya alcanzado la temperatura de 850 °C o 1.100 °C, según los casos, o la temperatura que resulte exigible.

b) Cuando no se mantenga la temperatura de 850°C o 1.100 °C, según los casos.

c) Cuando las mediciones continuas establecidas muestren que se está superando algún valor límite de emisión debido a perturbaciones o fallos en los dispositivos de depuración.

Las instalaciones de incineración no podrán superar los *valores límite de emisión*, en los gases de escape que figuran en el correspondiente anexo del RD. Los vertidos al medio acuático de las aguas residuales de las instalaciones de incineración deberán ser tratadas y cumplir las exigencias de la normativa correspondiente a aguas. Los residuos procedentes del funcionamiento de la instalación de incineración se valorizarán, preferentemente, o eliminarán de acuerdo con lo establecido sobre residuos peligrosos.

Por último se quiere destacar la importancia de dar información sobre las condiciones de funcionamiento de la instalación de incineración, así como el resultado

de las medidas y controles realizados. Las administraciones públicas suministrarán esta información a la Unión Europea y pondrán esta información a disposición del público.

5 Tratamientos biológicos

Muchos de los residuos industriales tóxicos son tratados mediante métodos biológicos similares a los utilizados en el tratamiento de las aguas y fangos residuales. Estos procesos están basados en la capacidad de ciertos microorganismos de secuestrar del medio o degradar enzimáticamente numerosos compuestos tóxicos y peligrosos, incluso cuando éstos contienen elevadas concentraciones de metales u otras sustancias prácticamente letales para ellos. Las principales industrias que utilizan este tipo de tratamientos biológicos son las de producción y refinado de petróleo, industrias de productos químicos orgánicos, pinturas, plásticos, madera y celulosas, azucareras, etc. El tratamiento biológico para la depuración de residuos acuosos diluidos en la propia industria es ya bastante usual, habiéndose llegado a obtener microorganismos que degradan selectivamente determinados tóxicos químicos.

Los procesos biológicos más utilizados en el tratamiento de los residuos industriales tóxicos y peligrosos son los que se enumeran y describen a continuación.

- Fangos activos
- Lechos bacterianos o filtros percoladores
- Contactores biológicos de rotación o Biodiscos.
- Lagunas de estabilización
- Filtro verde
- Depuración por Jacinto de Agua
- Compostaje
- Digestión anaerobia
- Depuración por microorganismos genéticamente modificados
- Tratamientos enzimáticos

6 Depósito de seguridad en el terreno

Este es el procedimiento de eliminación, que recibe el mayor volumen de residuos. Históricamente ha sido el procedimiento más utilizado para deshacernos de todo tipo de residuos, urbanos o industriales. En la actualidad se han establecido nuevas normas muy estrictas para evitar el vertido de residuos tanto urbanos como industriales obligando a realizar otros tratamientos más eficaces y respetuosos con el entorno ambiental. Pero estos tratamientos siguen generando un cierto tipo de residuos, que deberemos depositar en zonas seguras para evitar daños al entorno o para esperar, quizás a futuras técnicas que nos permitan su reciclado.

Realmente no se puede hablar de eliminación, en el sentido de hacer desaparecer el residuo con sus potenciales problemas. Más bien habría que expresarse en términos de "confinamiento" o "almacenamiento cubierto". Asumiendo esto, será preciso considerar que el residuo una vez depositado, es susceptible de sufrir la actuación de una serie de factores incidentes que pueden alterar el estado de reposo del residuo, haciendo que éste

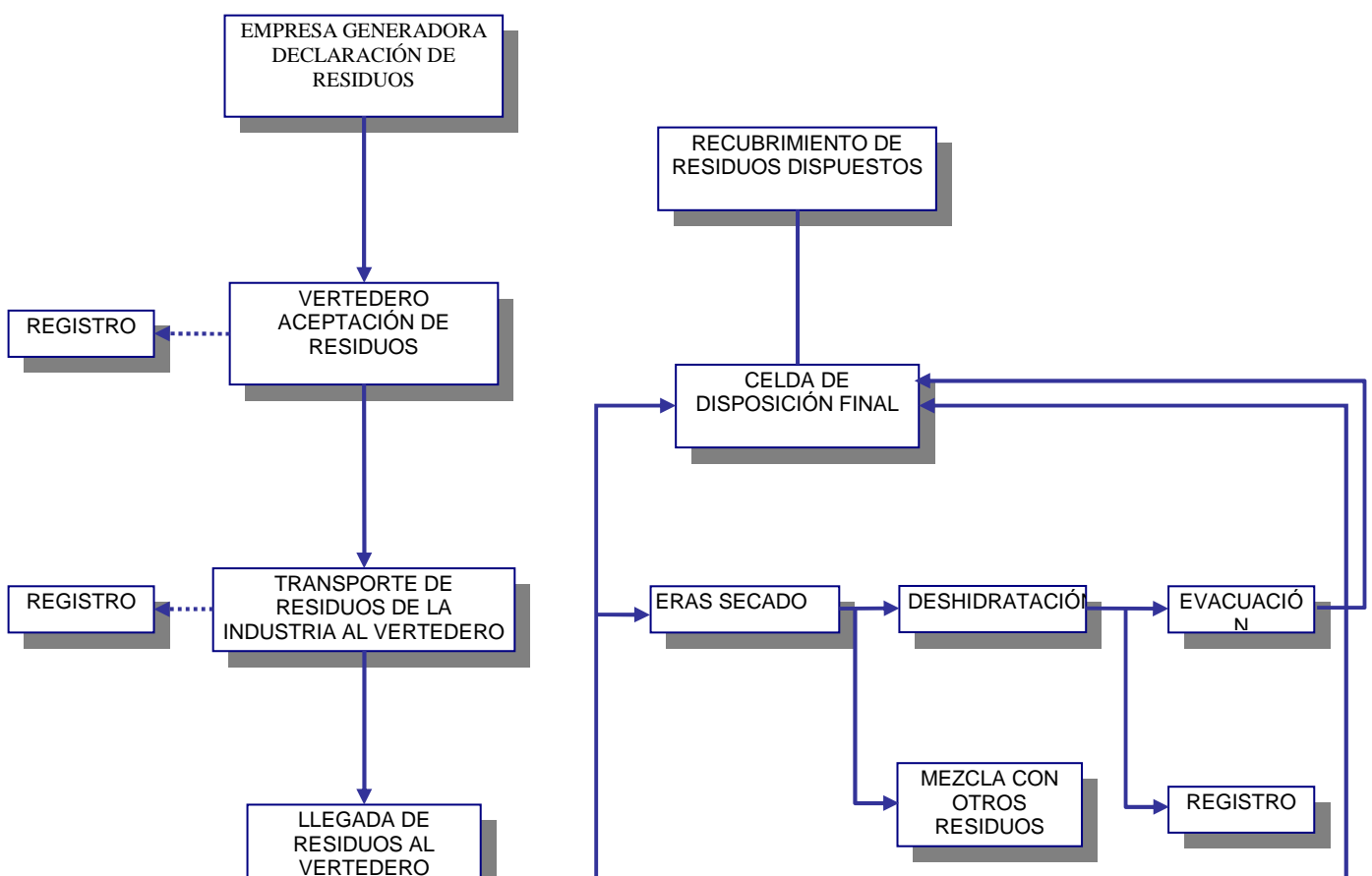
pueda ser diluido y desplazado o incluso afectado de reacciones sinérgicas que alteren negativamente la previsión de su comportamiento.

Por estas razones, las normas y operaciones básicas de ingeniería de este sistema se centran en procurar el reposo más absoluto al residuo en su lugar de descanso. Para que el residuo pueda permanecer inalterable en el tiempo, se deberá evitar que puedan incidir en él, los factores exteriores. No podrá recibir aportes exteriores de agua que puedan penetrar en él. Esto se consigue actuando en:

- a) Seleccionando el material del recipiente para que sea impermeable.
- b) Procurando que el recipiente no esté situado en un emplazamiento donde la aportación de agua sea cuantiosa.
- c) Evitar ponerlo en contacto con otro con el que pueda reaccionar.

Control: La fase más importante en la explotación de un depósito de seguridad, es el control de recepción de los residuos. Difícilmente se podrá evitar la aparición de problemas en el curso de la explotación si se almacenan residuos generadores de lixiviados con elementos contaminantes o reactivos. Por ello, la única manera de controlar su producción en el seno del vertedero, es evitar que lo contengan los productos a depositar. El lixiviado producido, se recogerá en balsas de almacenamiento de donde será enviado a su lugar de tratamiento.

En el diagrama adjunto se muestra de forma simplificada la serie de actuaciones a seguir previamente al depósito en medio terrestre de los residuos tóxicos y peligrosos.



En la periferia del vertedero, se dispondrán una serie de piezómetros para la toma de muestras de los posibles lixiviados que hayan podido salir del entorno del vertedero.

Normativa específica

El Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero tiene por objeto establecer el marco jurídico y técnico adecuado para las actividades de eliminación de residuos mediante depósito en vertedero, al tiempo que regula las características de éstos y su correcta gestión y explotación.

Se define el "Vertedero" como una *instalación de eliminación de residuos mediante su depósito subterráneo o en la superficie, por períodos de tiempo superiores a los indicados para el almacenamiento.*

Ámbito de aplicación

Se aplicará a todos los vertederos. Se incluye en este concepto las instalaciones internas de eliminación de residuos, es decir, los vertederos en el que un productor elimina sus residuos en el lugar donde se producen. No se incluyen las instalaciones en las que se descargan los residuos para su preparación con vistas a su transporte posterior a otro lugar para su valorización, tratamiento o eliminación.

Quedan excluidas de su ámbito de aplicación las siguientes actividades:

- El esparcimiento en suelo con fines de fertilización, de lodos de sustancias orgánicas y no peligrosas.

- La utilización de residuos inertes adecuados, en obras de restauración, acondicionamiento y relleno o con fines de construcción.
- El depósito de lodos, no peligrosos, de trabajos de dragado, a lo largo de pequeñas vías de navegación, y del lodo no peligroso incluso el lecho y su subsuelo.
- El depósito de suelo sin contaminar o de residuos no peligrosos inertes, procedentes de la prospección, extracción, tratamiento y almacenamiento de recursos minerales, así como del funcionamiento de las canteras.

Clases de vertedero

Se clasifican en alguna de las tres categorías, aunque un vertedero podrá estar clasificado en más de una:

- Vertedero para residuos peligrosos.
- Vertedero para residuos no peligrosos.
- Vertedero para residuos inertes

Residuos que podrán admitirse en las distintas clases de vertedero.

* Solo podrán depositarse en vertedero residuos que hayan sido objeto de algún tratamiento previo. Se exceptúan los inertes cuyo tratamiento sea técnicamente inviables.

* Los vertederos de residuos peligrosos sólo admitirán residuos peligrosos que cumplan los requisitos fijados.

* Los vertederos de residuos no peligrosos podrán admitir:

- a) Residuos urbanos
- b) Residuos no peligrosos de cualquier otro origen que cumpla con los criterios de admisión de residuos en vertederos fijados en el anexo II
- c) Residuos peligrosos no reactivos, estables o provenientes de un proceso de estabilización. Dichos residuos peligrosos no se depositarán en celdas destinadas a residuos no peligrosos biodegradables.

* Los vertederos de residuos inertes, sólo admitirán residuos inertes.

Residuos y tratamientos no admisibles en un vertedero.

1. Las administraciones públicas elaborará, antes del año 2003, un programa conjunto de actuaciones para reducir los residuos biodegradables destinados a vertedero. Este programa incluirá medidas que permitan alcanzar los objetivos mediante reciclado, compostaje y otras formas de valorización como producción de biogás mediante digestión anaerobia.

2. El programa a que se refiere el apartado anterior deberá asegurar que, como mínimo, se alcancen los siguientes objetivos:

a) Antes del 16 de julio de 2006, la cantidad total de residuos urbanos biodegradables destinados a vertedero no superará el 75 % de la cantidad de residuos urbanos biodegradables generados en 1995.

b) Antes del 16 de julio de 2009, la citada cantidad total no superará el 50 %

c) A más tardar el 16 de julio de 2016 la cantidad citada no superará el 35 %

3. No se admitirán en ningún vertedero los residuos siguientes:

- a) Residuos líquidos
- b) Residuos que, en condiciones de vertido, sean explosivos, corrosivos, oxidantes, fácilmente biodegradables o inflamables.
- c) Residuos que sean infecciosos.
- d) A partir del 16 de julio de 2003 no se admitirán neumáticos usados enteros y a partir del 16 de julio de 2006, tampoco se admitirán neumáticos usados troceados. No obstante, se admitirán los neumáticos de bicicleta y los neumáticos cuyo diámetro exterior sea superior a 1.400 mm.
- e) Cualquier otro residuo que no cumpla los criterios de admisión establecidos.

El RD regula, además el régimen de autorizaciones, los procedimientos de admisión de residuos, control, explotación, costo, vigilancia, clausura y mantenimiento postclausura de los vertederos

7 Otros procesos y nuevas tecnologías

Inyección en subsuelo

Este procedimiento se utiliza desde hace años en Estados Unidos, principalmente, y en menor medida, en otros países. El sistema completo consta de un área de pretratamiento y un pozo profundo donde inyectar los residuos. Este debe llegar por debajo del último acuífero localizado y aislado de él por capas suficientes profundas de material impermeable y resistente a las fracturas. La profundidad de los pozos varía desde algunas decenas a varios miles de metros, aún cuando la profundidad media se puede situar en el entorno de los 200 m.

Los tipos de residuos que se inyectan pueden ser desde prácticamente inertes hasta extremadamente tóxicos. Los principales utilizadores de este sistema son las industrias químicas, petroquímicas y farmacéuticas. Entre ellas, ocupan el 50% de la utilización global de este sistema. A continuación, siguen las industrias del refino de aceite y las plantas de gas natural y finalmente la industria del metal.

Evapoincineración

Se utiliza para residuos acuosos cargados orgánicamente, cuyo tratamiento en plantas convencionales biológicas no sería posible por su alta concentración en materia orgánica. Se calienta el residuo hasta hacerle desprender todas las materias volátiles, que son conducidas a un horno para su incineración. El líquido restante es tratado por vía físico-química.

Plasma

La antorcha de plasma genera temperaturas ultra-altas, en el paso de un gas de proceso a través de un arco eléctrico. Se puede llegar a alcanzar los 5000°C de temperatura. Los residuos se introducen en la zona de salida del arco de plasma, quedando atomizados en la cámara de reacción, donde son enfriados para recombinarse y formar nuevos compuestos. Pasan a continuación a un depósito de sosa, donde el ácido clorhídrico procedente de los compuestos clorados reaccionan con ella

produciendo cloruro sódico y agua. Este procedimiento es aconsejable para la destrucción de residuos clorados.