



## II Congreso de Ingeniería Mecánica ASME Perú

Lima, 15 y 16 de septiembre de 2006

# Tratamiento y disposición final de Residuos Industriales Peligrosos

### Contenido

1.	Antecedentes .....	2
2.	Clasificación de residuos peligrosos.....	2
2.1.	Definición de residuos peligrosos .....	2
2.1.1.	Residuo.....	2
2.1.2.	Residuo peligroso.....	3
2.1.3.	Corrosividad (EPA, 1980).....	3
2.1.4.	Reactividad (EPA, 1980).....	3
2.1.5.	Explosividad (EPA, 1980).....	3
2.1.6.	Toxicidad: (PNUMA, 1989).....	3
2.1.7.	Inflamabilidad. (EPA, 1980).....	4
2.1.8.	Patogenicidad (CETESB, 1985).....	4
3.	Depósito de seguridad .....	4
3.1.	Impermeabilización.-.....	5
4.	Operación de un Relleno de Seguridad .....	5
4.1.	Procedimiento de admisión .....	5
4.2.	Controles de Operación.....	6

## 1. Antecedentes

La disposición final de residuos peligrosos en el Perú no se está efectuando de una manera adecuada, peor aún, no se está efectuando. Esto se observa en la cantidad de residuos (casi la totalidad) que no están ingresando a los rellenos oficiales de Lima, aproximadamente el 80% de lo que se genera. La situación es mas crítica aún si se conoce que los rellenos sanitarios oficiales no cuentan con espacios adecuados para la disposición final de los residuos peligrosos y que las industrias hacen uso de estos lugares de disposición final por desconocimiento o por que no tiene otra alternativa, debido fundamentalmente a que los costos por el tratamiento y destrucción de estos residuos son demasiado altos, y difícilmente pueden ser cubiertos por el empresario.

Se estima que en el país se generan una 100 mil toneladas de residuos peligrosos al año, de los cuales se desconoce cual es el destino que tienen la mayor parte de estos residuos. Tal es así que Befesa Perú, único depósito de seguridad autorizado por la Digesa decepciona poco más del 2% de este volumen estimado.

## 2. Clasificación de residuos peligrosos

Existen tres enfoques para la clasificación de los residuos peligrosos:

- A través de una descripción cualitativa por medio de listas que indican el tipo, origen y componentes del residuo.
- La definición del residuo a través de ciertas características que involucran el uso de pruebas normalizadas, por ejemplo pruebas de lixiviación donde el contenido de ciertas sustancias en el lixiviado determinan si el residuo es peligroso o no.
- La definición del residuo con relación a límites de concentración de sustancias peligrosas dentro del mismo residuo.

Cada una de estas tres alternativas tiene sus ventajas y desventajas. Mientras que la primera es más fácil de administrar, las otras dos presentan una descripción más clara y precisa de los residuos. Frecuentemente, los países utilizan una combinación de estos sistemas, dándole más énfasis a uno sobre el otro. Por ejemplo, en los Estados Unidos, la legislación provee un listado extenso de sustancias que confieren peligrosidad a un residuo y métodos analíticos para su detección. Asimismo, incluye una lista más corta de residuos según el proceso productivo que lo origina (EPA, 1980). En Alemania, el listado principal de residuos está relacionado con su procedencia y la legislación señala los límites de concentración de ciertas sustancias químicas (GMB, 1990).

Algunos países de América Latina y el Caribe han legislado el control de los residuos peligrosos, específicamente, Argentina (Argentina, 1992), Brasil (CETESB, 1985), Colombia (Colombia, 1986), México (1992), y Venezuela (Venezuela, 1988) y recientemente Perú (MINSA, 2000) aunque aún falta la reglamentación de la misma. En estas leyes se pueden encontrar definiciones y sistemas de clasificación de residuos peligrosos, que han sido adaptados de la legislación de otros países o de convenios internacionales.

Cabe destacar que el Convenio de Basilea (PNUMA, 1989) establece un sistema de clasificación de residuos peligrosos para el transporte transfronterizo de los mismos, el cual ha sido adoptado para usos internos por algunos países, como por ejemplo Argentina (Argentina, 1992), Perú en 1998.

### 2.1. Definición de residuos peligrosos

#### 2.1.1. Residuo

*Todo material que no tiene valor de uso directo, y que es descartado por su propietario.*

Esta definición implica que existe el potencial de reciclaje, ya que el residuo es al mismo tiempo una materia prima, pudiendo ocasionar dificultades de manejo en caso de tratarse de residuos peligrosos. Por esta razón, se recomienda considerar al residuo como tal, hasta su transformación o disposición, ya que de esta manera se consigue una mayor protección del ambiente, particularmente cuando la infraestructura de control es limitada.

#### 2.1.2. Residuo peligroso

*Es aquel desecho que, en función de sus características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad y patogenicidad, puede presentar riesgo a la salud pública o causar efectos adversos al medio ambiente. En este grupo no están incluidos los residuos radiactivos.*

Se ha puesto énfasis en las características de peligrosidad tal como se utilizan en los Estados Unidos y en otros países, y se han incluido las características de explosividad y patogenicidad. Por otro lado, los residuos radiactivos, aunque en términos reales presentan un peligro al ambiente, son generalmente controlados por agencias u organismos diferentes de la autoridad ambiental<sup>1</sup>.

#### 2.1.3. Corrosividad (EPA, 1980)

*Un residuo es corrosivo si presenta cualquiera de las siguientes propiedades:*

- a) *ser acuoso y tener un pH menor o igual a 2 o mayor o igual a 12. y;*
- b) *ser líquido y corroer el acero a una tasa mayor que 6.35 mm al año a una temperatura de 55°C, de acuerdo con el método NACE2 o equivalente.*

#### 2.1.4. Reactividad (EPA, 1980)

*Un residuo es reactivo si muestra una de las siguientes propiedades:*

- a) *ser normalmente inestable y reaccionar de forma violenta e inmediata sin detonar;*
- b) *reaccionar violentamente con agua;*
- c) *generar gases, vapores y humos tóxicos en cantidades suficientes para provocar daños a la salud o al ambiente cuando es mezclado con agua;*
- d) *poseer, entre sus componentes, cianuros o sulfuros que, por reacción, libere gases, vapores o humos tóxicos en cantidades suficientes para poner en riesgo a la salud humana o al ambiente;*
- e) *ser capaz de producir una reacción explosiva o detonante bajo la acción de un fuerte estímulo inicial o de calor en ambientes confinados.*

#### 2.1.5. Explosividad (EPA, 1980)

*Un residuo es explosivo si presenta una de las siguientes propiedades:*

- a) *formar mezclas potencialmente explosivas con el agua;*
- b) *ser capaz de producir fácilmente una reacción o descomposición detonante o explosiva a 25°C y 1 atm;*
- c) *ser una sustancia fabricada con el objetivo de producir una explosión o efecto pirotécnico.*

#### 2.1.6. Toxicidad: (PNUMA, 1989)

*Un residuo es tóxico si tiene el potencial de causar la muerte, lesiones graves, o efectos perjudiciales para la salud del ser humano si se ingiere, inhala o si entra en contacto con la piel. Para este efecto se consideran tóxicos los residuos que contienen los constituyentes enumerados en el cuadro 1.*

La definición de toxicidad es cualitativa y tiene como propósito evitar la necesidad de equipos analíticos de laboratorio altamente sofisticados para la clasificación de los residuos. Sin embargo, se debe tener en

---

<sup>1</sup> Instituto Peruano de Energía Nuclear, Oficina Técnica de Control de Residuos Radioactivos

<sup>2</sup> (National Association Corrosion Engineers), Standard TM-01-692

cuenta que una definición más exacta requiere la utilización de límites cuantitativos de contenido de sustancias tóxicas o el uso de definiciones que establecen  $LC_{50}$  (concentración letal media que mata al 50 % de los organismos de laboratorio) tales como las que se usan en Estados Unidos (EPA, 1980) o en el Estado de Sao Paulo, Brasil (CETESB, 1985).

#### 2.1.7. Inflamabilidad. (EPA, 1980)

*Un residuo es inflamable si presenta cualquiera de la siguientes propiedades:*

- a) *ser líquido y tener un punto de inflamación inferior a 60°C, conforme el método del ASIM-D93-79 o el método ASTM-D-32 78-78 (de la American Society for Testing and Material), con excepción de las soluciones acuosas con menos de 24% de alcohol en volumen;*
- b) *no ser líquido y ser capaz de, bajo condiciones de temperatura y presión de 25°C y 1 atm, producir fuego por acción, absorción de humedad o alteraciones químicas espontáneas y, cuando se inflama, quemar vigorosa y persistentemente, dificultando la extinción del fuego;*
- c) *ser un oxidante que puede liberar oxígeno y, como resultado, estimular la combustión y aumentar la intensidad del fuego en otro material.*

Cuadro N° 1

#### Sustancias tóxicas que confieren peligrosidad a un residuo

Metales carbonilos
Berilio y sus compuestos
Cromo hexavalente y sus compuestos
Compuestos de cobre
Compuestos de zinc
Arsénico y sus compuestos
Selenio y sus compuestos
Cadmio y sus compuestos
Antimonio y sus compuestos
Telurio y sus compuestos
Mercurio y sus compuestos
Talio y sus compuestos
Plomo y sus compuestos
Compuestos inorgánicos del flúor, con exclusión del fluoruro cálcico
Cianuros inorgánicos
Asbesto (polvo y fibras)
Compuestos orgánicos del fósforo
Cianuros orgánicos
Fenoles, compuestos fenólicos, incluyendo clorofenoles
Eteres
Solventes orgánicos halogenados y no halogenados
Cualquier sustancia del grupo de los dibenzofuranos policlorados
Cualquier sustancia del grupo de las dibenzoparadióxinas policloradas
Otras sustancias organohalogenadas

#### 2.1.8. Patogenicidad (CETESB, 1985)

*Un residuo es patógeno si contiene microorganismos o toxinas capaces de producir enfermedades. No se incluyen en esta definición a los residuos sólidos o líquidos domiciliarios o aquellos generados en el tratamiento de efluentes domésticos.*

### 3. Depósito de seguridad

El diseño y construcción de un depósito de seguridad viene condicionado por la topografía existente en la zona.

## 3.1. Impermeabilización.-

La impermeabilización de las celdas se conseguirá mediante la acción combinada de:

- a. Barrera geológica
- b. Impermeabilización Artificial

## 4. Operación de un Relleno de Seguridad

## 4.1. Procedimiento de admisión

Se cumplimentarán al menos las siguientes fases en el proceso de admisión de cada uno de los residuos:

## Fase Primera.-

1. Los residuos serán designados conforme al código de residuos establecido por Befesa
2. Antes de remitir una partida de residuos a Befesa Perú para su tratamiento, el generador deberá aportar al mismo los datos de identificación del residuos mediante el manifiesto de residuos.

La muestra aportada por el generador es sometidas a pruebas de laboratorio e incluso es sometida a un proceso de lixiviación y se realizará con su lixiviado el correspondiente test.

3. Se determinarán las características físico-químicas del residuo (contenido de humedad, reactividad, inflamabilidad, explosividad) y se identificarán los procesos generadores del mismo.
4. De acuerdo con los resultados obtenidos en esta primera fase, se determinará si el residuo puede ser eliminado en el depósito, si ha de ser sometido a pretratamiento (mezcla con otros residuos, con cal, con tierras, etc.) o inertización/estabilización y a cual de las tres células debe ser depositado. En el caso de los residuos líquidos, y dependiendo principalmente del contenido en volátiles, se determinará en que planta deberá ser tratado y la secuencia de tratamiento.

Para la realización de esta primera fase se realizarán las pruebas que se indican a continuación en la tabla adjunta, en laboratorio externo o propio.

Parámetro	Técnica
Metales (Ag, Al, As, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, Tl, V, Zn)	Espectrometría de absorción atómica
Materia orgánica (s.m.s.)	Secado/Combustión
Punto de inflamación	Método Apéndice I (Orden 13/Oct/89)
Humedad	Gravimétrico
Fenoles	Espectrometría absorción UV/VIS
Fluoruros	Electrodo selectivo/Método del SFADNS
Cloruros	Método argentométrico
Sulfatos	Turbidimetría
Nitratos	Espectrometría de absorción UV/VIS
Amonio	Electrodo selectivo/método colorimétrico
Cianuros	Electrodo selectivo y/o Espectrometría de absorción UV/VIS
Conductividad	Potenciometría
pH	Potenciometría
DQO	Método fotométrico
DBO	Incubación 20±0.5°C/Oxígeno disuelto
Sulfuros	Espectrometría absorción UV/VIS/electrodo selectivo
Boro	Espectrometría de absorción UV/VIS
Cromo hexavalente	Espectrometría de absorción UV/VIS
Hidrocarburos	Cromatografía de gases

AOX	Adsorción/Pirólisis
Comp. Orgán. Volátiles (COV)	Cromatografía de gases
Com. Org. Volátiles halog. (COVX)	Cromatografía de gases
Densidad	Gravimetría
Sólidos en suspensión	Filtración/Gravimetría
Sólidos sedimentables	Volumetría
Sólidos totales	Gravimetría
Lixiviación	Método Apéndice III (Orden 13/Oct/89)
Nitrógeno (orgánico/amoniaco)	Kjeldahl
Plaguicidas	Cromatografía de gases
Detergentes	Extracción/espectrometría absorción UV/VIS
Reactividad	Método Apéndice II (Orden 13/Oct/89)
Aceites y grasas	Extracción y gravimetría

#### Fase Segunda.-

Esta fase tiene como objeto la verificación y control de los resultados obtenidos en la primera y su contenido será el siguiente:

1. El gestor del depósito de seguridad tomará muestras representativas del residuo y desarrollará en su totalidad los puntos 3 y 4 de la fase primera.

De conformidad con los resultados obtenidos se procederá a la admisión definitiva o rechazo del residuo.

#### 4.2. Controles de Operación

Durante la operación de la planta, se controlarán fundamentalmente los siguientes parámetros:

- Estanqueidad del relleno de seguridad.
- Lixiviación de productos estabilizados.
- El control de las aguas subterráneas en los piezómetros se prolongará por parte del gestor durante los veinte años siguientes a la clausura de la planta.
- Todas las acciones llevadas a cabo, así como los análisis efectuados, con indicación de los parámetros determinados y sus valores, serán registrados en un libro dispuesto al efecto.
- Todos los piezómetros estarán situados sobre un plano, a la escala conveniente, que incluya además, la planta y el resto de los puntos inventariados.

Durante la operación se controlarán, a medida que avanzan los trabajos, no solamente el espesor y la permeabilidad de los materiales de cubrición, espesor de las diferentes capas de residuos y el funcionamiento de la red de drenaje, sino también la composición de los lixiviados y la inexistencia de síntomas de filtración.

Tras la clausura del depósito, se mantendrá el control de posibles filtraciones por un período mínimo de veinte años posteriores a dicha clausura.