



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
ESCUELA DE POSTGRADO
DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES

GESTIÓN INTEGRAL DE
RESIDUOS SÓLIDOS

**Tratamiento de Residuos Peligrosos,
Uso de Arcillas Modificadas
Orgánicamente y Materiales
Termoplástico para la Estabilización y
Solidificación**

Doctorandos

Arbulú Chereque, Rodolfo

Arbulú Ramos, José

Cáceres Narrea, Aníbal

Chambergó Llontop, Adela

Panta Samillán, Vicente

Lambayeque, 20 Diciembre 2008

INTRODUCCIÓN

En los últimos 35 años se ha reconocido como problema prioritario el manejo de los residuos peligrosos; y las acciones para controlarlos a menudo se han precipitado por efecto de un algún desastre ambiental.

Ejemplos: Accidente de *Bahía Minamata* en los años 60; muchas personas murieron por intoxicación al consumir pescados y mariscos contaminados con *Mercurio*, descargado al mar por una planta química – Japón.

Se descubrió tambores con *Sales de Cianuro* en un sitio desocupado donde jugaban niños – Inglaterra.

Factores que afectan el grado de riesgo:

- ✓ Reactividad (fuego, explosión, lixiviación);
 - ✓ Efecto biológico (toxicidad, tiempo, ecotoxicidad);
 - ✓ Persistencia (efecto en el ambiente, potencial destoxificación, factores múltiples);
 - ✓ Riesgos indirectos a la salud (patógenos, vectores);
 - ✓ Cantidades reales y Condiciones locales (temperatura, suelo, agua, humedad, luz, sistemas receptores, formas de usos, etc.)
-

Sistema de Control para Residuos Peligrosos:

Cada país necesita un Sistema de Control Nacional para los residuos peligrosos. Este sistema debe contener cuatro componentes vitales para ser exitoso (Márquez, 2002):

1. Legislación y regulaciones;
 2. Implementación y procedimientos de control apropiados;
 3. Adoptar servicios adecuados para el reciclado, tratamiento y disposición de residuos peligrosos;
 4. Introducción de la capacitación adecuada para empleados del gobierno que fiscalizan, también para operadores de plantas y para público en general a través de programas educativos
-

Cuantificación de Residuos Peligrosos:

La información confiable para un país es muy difícil, y la comparación entre países casi imposible, debido a diferencias de clasificación y sus definiciones (Márquez, 2002):

Progresos en control de Residuos Peligrosos:

En últimos 10 años se ha hecho un esfuerzo considerable, en países en desarrollo.

El Convenio de Basilea establece normas destinadas a controlar a nivel internacional los movimientos transfronterizos y la eliminación de residuos peligrosos para la salud humana y el medio ambiente.

Tratamiento de residuos peligrosos:

Problemas en países en desarrollo:

- Pobre control de contaminación y disposición de residuos.
- Los Generadores de Residuos pueden ignorar el peligro de sus residuos.
- Fuentes de Recursos (económicos y humanos) limitadas.
- Razones Socio-Políticas - Educación.

Tratamiento de residuos peligrosos:

- Procesos de separación de fases;
 - Procesos de separación de componentes;
 - Procesos de transformación química;
 - Métodos de tratamiento biológico.
-

Marco Normativo - Perú:

Ley N° 27314 - Ley General de Residuos Sólidos, Artículo 3, Artículo 22 y siguientes 22.1, 22.2.

Decreto Supremo N° 057-2004-PCM - Reglamento de la Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos, Artículo 27.

Ley N° 28611 Ley General del Ambiente Artículo 119° y siguientes 119.1, 119.2.

3.0 OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

- El objetivo principal de la técnica de Estabilización/Solidificación (E/S) utilizando arcillas modificadas orgánicamente y materiales termoplásticos, es el de reducir el potencial de los componentes de residuos peligrosos a lixiviar.
-

3.2 Objetivos específicos

- Caracterizar los residuos peligrosos.
 - Describir el método de E/S para el tratamiento de residuos peligrosos.
 - Describir la utilización de arcillas modificadas orgánicamente para la E/S de residuos peligrosos.
 - Describir la utilización de o materiales termoplásticos para la E/S de residuos peligrosos.
 - Presentar casos relacionados con la utilización de arcillas modificadas orgánicamente y materiales termoplásticos para la E/S de residuos peligrosos.
-

4.0 DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

Tabla 4.1 Clasificación General de Residuos

4.1 Caracterización de los residuos peligrosos

Fuente: Márquez, F. 2002,

1.Residuos Sólidos Urbanos
1.Domiciliarios. 2.Voluminosos 3.Comerciales. 4.Sanitarios. 5.De construcciones y demolición. 6.Asimilables a urbanos
1.Residuos Industriales
1.Inertes. 2.Asimilables a urbanos. 3.Residuos tóxicos y peligrosos.
1.Residuos Hospitalarios
1.Residuos de Actividades Mineras
1.Residuos Forestales
1.Residuos Agrícolas
1.Residuos Ganaderos
1.Residuos Radiactivos

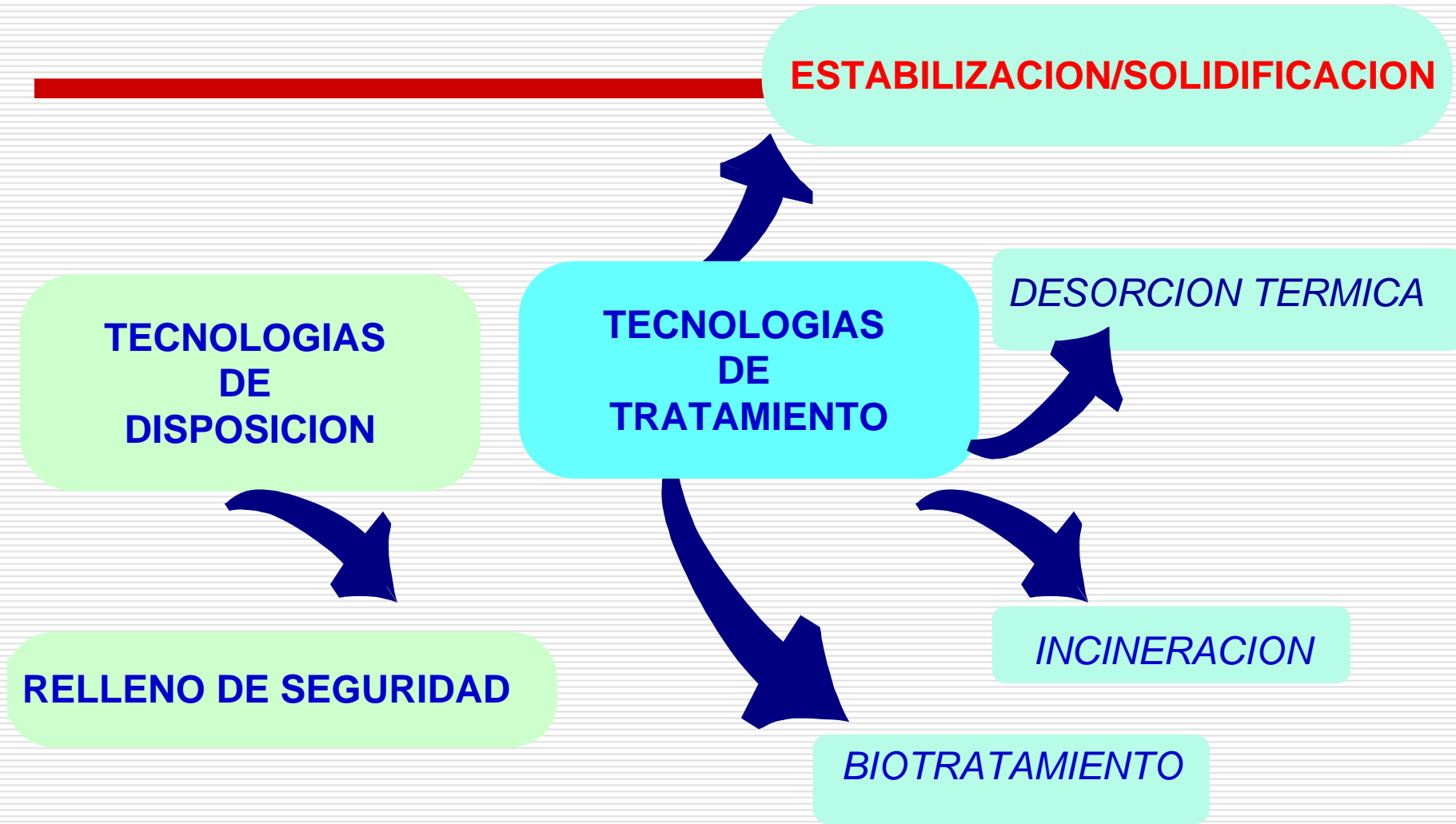
4.0 DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

Tabla 4.4 Códigos de peligrosidad de los residuos peligrosos (CPR)

Internacionalmente, los residuos se clasifican de la siguiente manera:

CARACTERÍSTICAS	CÓDIGOS DE PELIGROSIDAD DE LOS RESIDUOS (CPR)
Corrosividad	C
Reactividad	R
Explosividad	E
Toxicidad	T
Inflamabilidad	I
Biológico-Infecioso	B

TRATAMIENTO DE SUELOS



4.0 DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Caracterización de los residuos peligrosos

- Descripción del proceso de E/S
 - Tratamiento
 - Inmovilización
 - Estabilización
 - Solidificación
 - Absorción
 - Adsorción
 - Macroencapsulación
 - Microencapsulación.
-

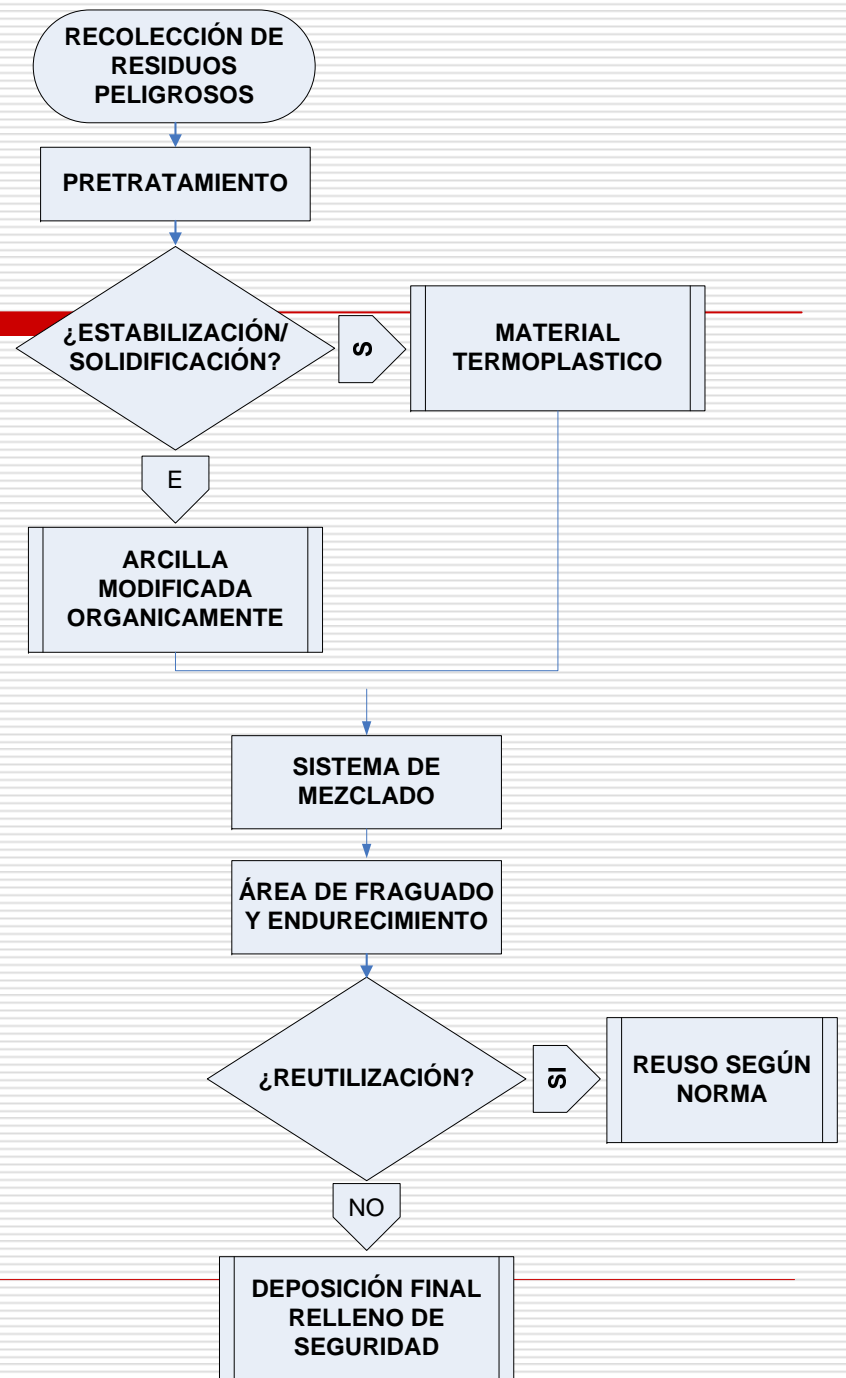
ESTABILIZACIÓN/SOLIDIFICACIÓN

- Técnica que pretende reducir la **solubilidad, reactividad o movilidad** de los elementos contaminantes, mediante modificación de su estado químico o inmovilización física por un agente estabilizante (estabilización); o bien convertir el residuo con el contaminante en un sólido de manipulación sencilla y segura, evitando **riesgos de volatilización, lixiviación o fugas**.
-

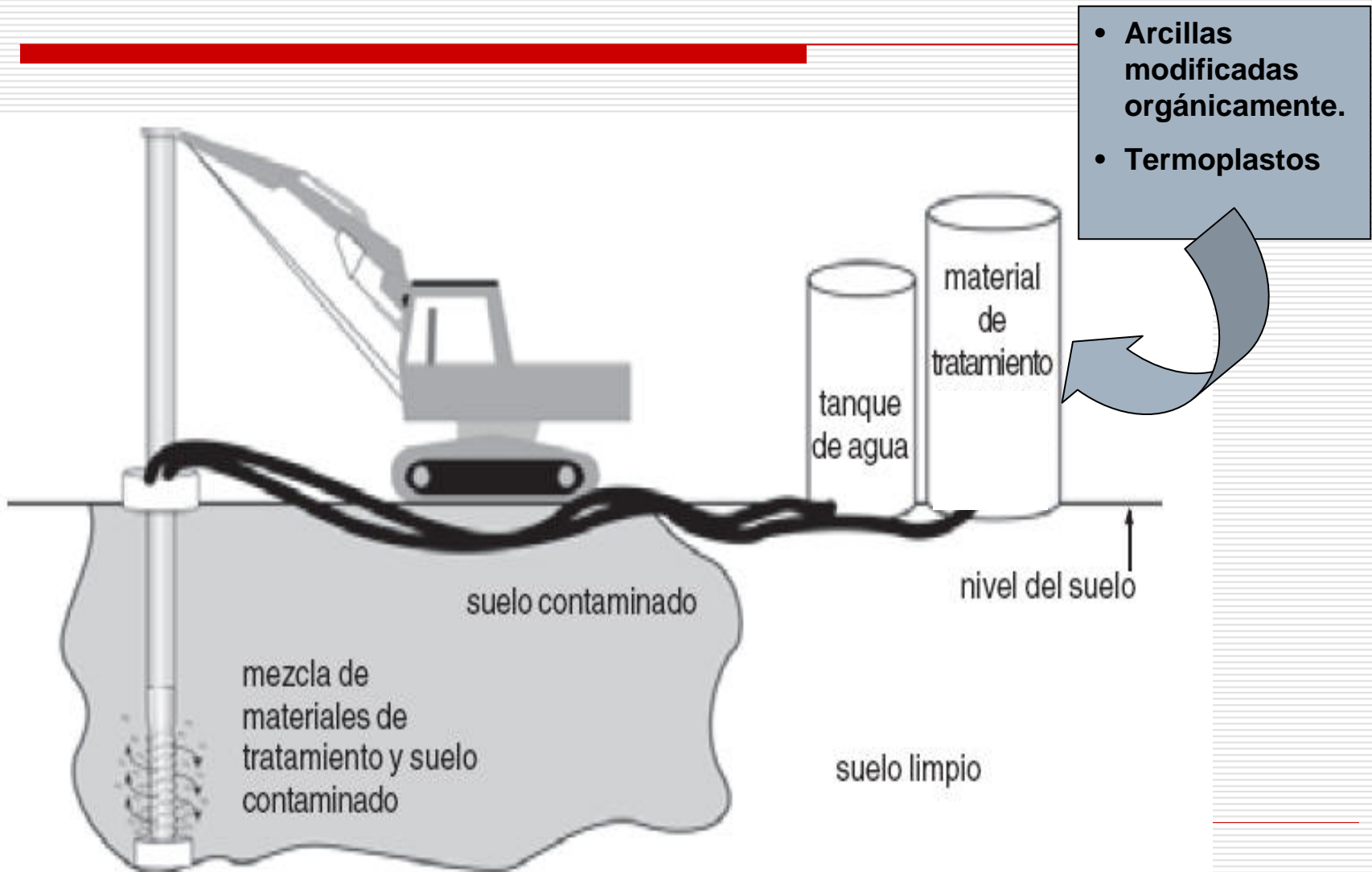
ESTABILIZACIÓN/SOLIDIFICACIÓN

- Estos métodos no van a destruir las sustancias contaminantes, sino que van a impedir su liberación o desprendimiento hacia el medio ambiente por procesos de **lixiviación**, **reacciones químicas**, etc.
-

ETAPAS PROCESO ESTABILIZACIÓN/SOLIDIFICACIÓN



El proceso puede esquematizarse de la forma que muestra el siguiente gráfico:



4.3. Arcillas Modificadas Orgánicamente para la Estabilización y Solidificación de Residuos.

- Existen diversas clases de **arcillas naturales y modificadas** que son utilizadas en procesos de estabilización.
 - Los minerales arcillosos, con su capacidad de intercambio catiónico y gran superficie específica, reaccionan con los compuestos orgánicos por lo que son usados para aumentar el rango de residuos aceptados por fijación a residuos inorgánicos.
-

4.3. Arcillas Modificadas Orgánicamente para la Estabilización y Solidificación de Residuos.

- Bentonita, con alta capacidad de intercambio catiónico y gran superficie específica.
 - Vermiculita y la Montmorillonita, tienen capacidades de intercambio catiónico en el rango de 130 a 150 meq por 100 g.
 - Caolinita, sepiolita, vermiculita y las zeolitas, son materiales que actúan como absorbentes y adsorbentes.
 - Las zeolitas tiene propiedades selectivas que permiten sean utilizadas para adsorber ciertas moléculas tanto orgánicas como inorgánicas, mientras excluyen a otras.
-

4.4. Materiales Termoplásticos para la E/S de Residuos

- ❑ Son Plásticos orgánicos capaces de revertir el ablandamiento y endurecimiento del sobrecalentamiento enfriamiento.
 - ❑ Materiales poliméricos usualmente lineales con pocos enlaces cruzados y otros especialmente hinchados, o son solubles en solventes orgánicos.
 - ❑ Los materiales termoplásticos incluyen asfalto, bitumen o betún, polietileno, polipropileno y nylon.
-

4.4. Materiales Termoplásticos para la E/S de Residuos

- Los materiales termoplásticos como asfaltos, parafina, betún, polietileno, polipropileno y azufre se funden con los residuos a altas temperaturas y al solidificarse el material resultante se caracteriza por ser un residuo revestido termoplásticamente el mismo que se puede conservar en bidones.
-

4.5. Casos

- Caso 01
- "SERVICIO DE ELIMINACIÓN DE SEDIMENTOS, BORRA Y TIERRAS CONTAMINADAS EN OPERACIONES NORTE. *Petróleos del Perú – Petroperu S.A.*

Consistió en la eliminación de sedimentos, borra y tierras contaminadas de hidrocarburos pesados, y su tratamiento con materiales limpios y confinamiento en el Relleno Industrial de Milla Seis Talara.

4.5. Casos

- Caso 02
- **“SOLIDIFICACIÓN / ESTABILIZACIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS MEDIANTE GRANULACIÓN CON SEPIOLITA”.** F. A. López y A. López-Delgado. 2008.

Se estudia un proceso de solidificación/estabilización utilizando una arcilla tipo sepiolita, para tratar diversos tipos de residuos industriales que contenían contaminantes orgánicos considerados tóxicos y peligrosos. Como resultado del procedimiento desarrollado se llegó a obtener dos tipos de materiales finales: Un sólido granulado, de baja humedad y punto de inflamación próximo a 100°C. Un combustible de residuo (CDR) que podría ser revalorizado energéticamente en la producción del clinker.

4.5. Casos

- *Caso 03*
- *SÍNTESIS DE NANOCOMPUESTOS POLIMERICOS A PARTIR DE ARCILLAS ORGANICAMENTE MODIFICADAS. Norkis Salazar Serge, José L. Feijoo*, Nery Suárez*, María Hernández, Salvador Lo Mónaco. 2008.*

se utilizaron arcillas como sistemas adsorbentes por su alta área superficial específica y su capacidad de adsorción de moléculas orgánicas. Estudio que se centró en el tratamiento orgánico para modificar una arcilla bentonita.

4.5. Casos

- Caso 04
 - PROPUESTA PARA EL MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS HOSPITALARIOS
 - *Lopez Garrido Pedro A, Alonso Gutierrez Manuel G, Ramirez Bautista Saul. 1996*
 - ***Propuesta que enfrenta el problema de la recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos hospitalarios peligrosos a fin de preservar no sólo el medio ambiente y la salud de la población, sino también de generar fuentes de empleo a través de la prestación de servicios de corte ambiental.***
-

5.0 Análisis

- La **DEFINICIÓN** de los Residuos Tóxicos y Peligrosos es de aquellos materiales que poseen alguna de las características de Corrosividad, Reactividad, Explosividad, Toxicidad, Inflamabilidad, o que contengan agentes infecciosos que les confieran peligrosidad.
-

5.0 Análisis

Los residuos sólidos peligrosos quedan **CLASIFICADOS** como:

- Residuos inorgánicos, ácidos y álcalis, residuos de cianuro, borras y soluciones de metales pesados, residuos de asbesto, otros;
 - Residuos aceitosos, aceites lubricantes y fluidos hidráulicos, sedimentos del fondo de estanques de almacenamiento de aceites;
 - Residuos orgánicos, solventes halogenados, residuos de solventes no – halogenados (tolueno, etanol etc.), residuos de bifenilos policlorados (BCPs.), residuos de resinas y pinturas, residuos biocidas, otros.
 - Residuos orgánicos putrefactos, aceites comestibles, residuos de mataderos, curtiembres y otras industrias alimentarias;
 - Residuos de alto volumen – baja peligrosidad, cenizas de la quema de combustibles fósiles, relaves de faenas mineras, barros de perforaciones de la extracción del petróleo, etc.; y
 - Residuos varios residuos infecciosos, residuos de laboratorios y residuos explosivos.
-

5.0 Análisis

- La identificación de residuos peligrosos se hace en función de diferentes **FACTORES** como: tipos, procesos industriales y sustancias específicas o por clases con potencial peligro para la salud o el medio ambiente.

 - Entre los principales grupos de industrias generadoras de residuos sólidos peligrosos encontramos:
 - La Producción Agrícola, Forestal y Alimenticia; Extracción de Minerales; Generación de Energía; Manufacturas de Metales; Manufactura de Minerales no-metálicos; Industrias Químicas y Relacionadas; Industria de Vehículos y Repuestos; Industria Textil, del Cuero y de la Madera; Manufactura de Papel, Impresión y Publicación; Servicios Médicos y de Salud; y Servicios Comerciales y de Personas.
-

5.0 Análisis

- Uno de los métodos utilizados para el tratamiento de los residuos peligrosos están los de **ESTABILIZACIÓN/SOLIDIFICACIÓN** que incluyen procesos tales como: tratamiento, inmovilización, estabilización, solidificación, absorción, adsorción, macroencapsulación y microencapsulación.
 - Mediante **EL MÉTODO DE ESTABILIZACIÓN/SOLIDIFICACIÓN** se convierte al residuo de forma líquida, semilíquida y Sólida, en otra forma física que se pueda manejar, almacenar y disponer segura y aceptablemente. No debe ser un proceso reversible, por lo que se emplea aditivos para la inmovilidad del contaminante.
-

5.0 Análisis

- **LAS MODALIDADES** mediante la cual se realiza el agregado de los reactivos de estabilización/solidificación es a través de:
 - **OPERACIÓN DISCONTINUA**, en la que los materiales a tratar son acondicionados y homogeneizados para conformar celdas de tratamiento. Los reactivos de estabilización/solidificación son agregados directamente sobre el área afectada en proceso *batch*.
 - **OPERACIÓN CONTINUA**, la que requiere del acopio de insumos a granel en el sitio y maquinaria mas especializada para la incorporación de los reactivos. Normalmente la aplicación de esta operación es *in situ*, y cuando los volúmenes son considerablemente mayores que para el caso de la operación discontinua (>30.000 m³).
-

5.0 Análisis

- **LAS ARCILLAS MODIFICADAS ORGÁNICAMENTE** para la estabilización y solidificación de residuos, debido a su capacidad de intercambio catiónico y gran superficie específica, reaccionan con los compuestos orgánicos por lo que son usados para aumentar el rango de residuos aceptados por fijación a residuos inorgánicos.
 - En **LOS PROCESOS DE ESTABILIZACIÓN** se utilizan diversas arcillas como la bentonita, kaolinita, vermiculita y las zeolitas. Estos materiales actúan como absorbentes y adsorbentes, y son generalmente agregados al material afectado para mejorar sus características. Interactúan químicamente con el material a tratar o simplemente retienen la fracción líquida por capilaridad.
-

6.0 Conclusiones

- ❑ Los residuos peligrosos se definen como aquellos materiales que posee alguna de las características de Corrosividad, Reactividad, Explosividad, Toxicidad, Inflamabilidad, o que contengan agentes infecciosos que les confieran peligrosidad
- ❑ Los residuos sólidos peligrosos se clasifican en residuos inorgánicos; residuos aceitosos; residuos orgánicos; residuos orgánicos putrefactos; residuos de alto volumen – baja peligrosidad; y residuos varios.
- ❑ Los principales grupos de industrias generadoras de residuos sólidos peligrosos son: la Producción Agrícola, Forestal y Alimenticia; Extracción de Minerales; Generación de Energía; Manufacturas de Metales; Manufactura de Minerales no-metálicos; Industrias Químicas y Relacionadas; Industria de Vehículos y Repuestos; Industria Textil, del Cuero y de la Madera; Manufactura de Papel, Impresión y Publicación; Servicios Médicos y de Salud; y Servicios Comerciales y de Personas.

6.0 Conclusiones

- El método de Estabilización/Solidificación utilizado para el tratamiento de los residuos peligrosos incluye los procesos tales como: tratamiento, inmovilización, estabilización, solidificación, absorción, adsorción, macroencapsulación y microencapsulación.
- El método de Estabilización/Solidificación convierte al residuo de forma líquida, semilíquida y Sólida, en otra forma física que se pueda manejar, almacenar y disponer segura y aceptablemente. No es un proceso reversible.
- El método de estabilización/solidificación utiliza la modalidad de Operación discontinua, en la cual se realiza el agregado de los reactivos a los materiales a tratar, acondicionandolos y homogeneizandolo y conformando celdas de tratamiento. Y la Operación continua, la que requiere del acopio de insumos a granel en el sitio y maquinaria mas especializada para la incorporación de los reactivos; esto cuando los volúmenes son considerablemente mayores que para el caso de la operación discontinua (>30.000 m³).

6.0 Conclusiones

- ❑ Las arcillas modificadas orgánicamente para la estabilización y solidificación de residuos, debido a su capacidad de intercambio catiónico y gran superficie específica son usados para aumentar el rango de residuos aceptados por fijación a residuos inorgánicos.
- ❑ En los procesos de estabilización se utilizan diversas arcillas como la bentonita, kaolinita, vermiculita y las zeolitas. Estas actúan como absorbentes y adsorbentes, de los materiales afectados para mejorar sus características.
- ❑ En el primer caso presentado, el servicio solicitado por Petroperú, consistió en la eliminación de sedimentos, borra y tierras contaminadas de hidrocarburos pesados, y su tratamiento con materiales limpios y su posterior confinamiento en el Relleno Industrial de Milla Seis Talara.

6.0 Conclusiones

- En el segundo caso presentado, se estudia un proceso de solidificación/estabilización utilizando una arcilla **sepiolita**, para tratar residuos industriales que contenían contaminantes orgánicos considerados tóxicos y peligrosos. Como resultado se obtuvo dos tipos de materiales finales: Un sólido granulado, de baja humedad y Un combustible de residuo (CDR).
 - En el tercer caso, se utilizaron arcillas como sistemas adsorbentes por su alta área superficial específica y su capacidad de adsorción de moléculas orgánicas. Estudio que se centró en el tratamiento orgánico para modificar una arcilla bentonita.
 - El cuarto caso es una propuesta como resolver el problema de la recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos hospitalarios peligrosos a fin de preservar el medio ambiente, la salud de la población y generar fuentes de empleo a través de la prestación de servicios de corte ambiental.
-

7.0 Recomendaciones

- ❑ La Escuela de Postgrado de la UNPRG debe implementar un laboratorio donde se apliquen las metodologías utilizadas en el tratamiento de suelos contaminados con residuos peligrosos.
 - ❑ La Escuela de Postgrado de la UNPRG debe proponer al Gobierno Provincial de Chiclayo la realización de un PAMA para convertir el Botadero de Chiclayo en un Relleno Sanitario
 - ❑ La Escuela de Postgrado de la UNPRG debe proponer la realización de un Relleno Sanitario de Residuos Tóxicos y Peligrosos que de servicios a toda la Macro Región Norte.
 - ❑ Proponer como alternativa de futuros trabajos de tesis la problemática de contaminación de suelos por residuos peligrosos y su solución.
-

GRACIAS