



REPUBLICA ARGENTINA

Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable

Jefatura de Gabinete de Ministros

Proyecto

**Almacenamiento y Disposición Ambientalmente
Adecuados de Mercurio Elemental y sus
Residuos en la República Argentina**

Taller de Gestión de Mercurio en América Latina y Caribe
Brasilia, Mayo de 2012

Financiamiento, ejecución y objetivos

El Proyecto se enmarca en el Acuerdo de Financiamiento suscripto entre el Centro Regional del Convenio de Basilea para América del Sur (CRBAS) y la División Tecnología, Industria y Economía del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA DTIE), Div. Química.

El proyecto, que ejecuta el CRBAS, sito en el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), tiene como objetivos:

- a. el relevamiento de fuentes de mercurio y
- b. la elaboración de lineamientos para el desarrollo de un *Plan de Acción Nacional (PAN)* de almacenamiento y manejo ambientalmente adecuado de excedentes y desechos de mercurio elemental.

Acciones Implementadas

- Constitución de un *Grupo de Trabajo Nacional (GTN)* - *2 reuniones*-.
 - Remisión de cuestionarios sobre fuentes de mercurio.
 - Relevamiento de fuentes de mercurio, focalizando en los sectores de Cloro Alkali, Salud y Energía.
 - Estudio de los posibles sitios de almacenamiento y disposición final de residuos de mercurio; realizar recomendaciones y detectar necesidades.
 - Evaluar opciones de manejo de mercurio y sus residuos y el estado de la tecnología disponible en el país.

Acciones implementadas

- **Recopilación y análisis del marco regulatorio local y regional.**
- **Desarrollo de material de difusión, concientización y sensibilización sobre mercurio, las buenas prácticas en la materia y las tecnologías actualmente disponibles - a través de AAMMA-.**
- **Propuesta de lineamientos para un *Plan de Acción Nacional (PAN)* sobre almacenamiento y disposición de excedentes y residuos de mercurio elemental.**

Restricciones jurisdiccionales de ingreso de residuos peligrosos



NORMATIVA NACIONAL

1. Ley N° 24.051 de Residuos Peligrosos

Promulgada en 1992 y reglamentada mediante el Decreto 831/1993.

Es una ley de adhesión.

Su ámbito territorial alcanza a los territorios de jurisdicción nacional y a los supuestos de manejo interjurisdiccional (comercio y transporte interjurisdiccionales e internacionales).

2. Ley N° 25.612

Establece los presupuestos mínimos de protección ambiental sobre la gestión integral de residuos industriales y de actividades de servicios, generados en cualquier jurisdicción (Nac., Prov., Municipal).

Vigente, no operativa.

NORMATIVA NACIONAL

3. Ley 26.184 de Energía Eléctrica Portátil

Limita contenidos de metales en pilas y baterías primarias

0,0005 % en peso de Hg

0,015 % en peso de Cd

0,200% en peso de Pb

4. Ley N° 24.449 – Ley de Tránsito - Transporte de Materiales/Sustancias Peligrosos y normativa complementaria

5. Ley 19.587 de Higiene y Seguridad en el Trabajo y normativa complementaria

6. Ley 23.922 - Aprueba el Convenio de Basilea (CB)

7. Ley N° 25.278 - Aprueba el Convenio de Rotterdam (CR)

NORMATIVA NACIONAL

8. Normativa del Ministerio de Salud (MS) de la Nación

Resolución MS N° 139/2009: se adopta la política de la Organización Mundial de la Salud (OMS) de definir un plan de minimización de exposición y reemplazo del mercurio en el sector salud, los esfigmomanómetros y termómetros clínicos se deben adquirir libres de mercurio.

Resolución MS N° 274/2010: prohíbe la producción, importación, comercialización o cesión gratuita de esfigmomanómetros de columna de mercurio para la evaluación de la tensión arterial al público en general, a la atención médica y veterinaria.

9. Normativa de las áreas de Agricultura y Sanidad Vegetal

Prohibiendo el plaguicida Fenilacetato de mercurio y el uso Cloruro de mercurio para tabaco.

Ámbito Regional - MERCOSUR

GESTION DE SUSTANCIAS Y PRODUCTOS QUIMICOS PELIGROSOS

PLAN DE ACCION MERCOSUR (Abril 2006)

(re programado en Junio 2008)

Áreas de Trabajo/Sustancias

- 1) Metales: **Mercurio**; Plomo, otros
- 2) Sustancias Persistentes, bio acumulativas y tóxicas (PBTs)
- 3) Contaminantes Orgánicos Persistentes -COPs (C. de Estocolmo)
- 4) **Plaguicidas**
- 5) Módulo Scias/ P.Q. en Sistema de Información Ambiental (SIAM)
- 6) **Sitios Contaminados**
- 7) **GHS/ SAG- Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos.**
- 8) Tráfico Ilícito
- 9) Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC/ PRTR)
- 10) Desechos

Ámbito Regional - MERCOSUR

Los países del (MERCOSUR -Brasil, Argentina, Uruguay y Paraguay, además de los Estados Asociados de Chile y Bolivia, han aprobado el “Acuerdo de Gestión Ambiental de Residuos Especiales y Responsabilidad Post Consumo”, que aún no ha entrado en vigencia; resta su aprobación por el Consejo Mercado Común.

Dentro de los residuos de generación universal que se incluyen en el Anexo I del Acuerdo, están incluidos las luminarias (lámparas de mercurio y tubos fluorescentes), termómetros, manómetros y otros; equipos de generación masiva con mercurio.

Estimación de Liberaciones de Mercurio

Productos con Mercurio en Atención de la Salud (2010)

- Amalgamas dentales con mercurio: 6.018, kg
 - Esfigmomanómetros, Reactivos Labo. y otros equipamientos: 2.784 kg
- Estimación del total liberado: 8.802, kg

Extracción y Uso de Combustibles/ Fuentes de Energía (2010)

Estimación del total liberado- año 2010: 3.972 kg

Uso Deliberado de Mercurio en Procesos Industriales

- Plantas de producción de cloro-álcali con tecnología de mercurio.
- Estimación del total liberado-año 2010: 2.194,28 kg (3 plantas)
- Estimación del total liberado-año 2011: 1.044,57 kg (2 plantas)

Productos de Consumo con uso Deliberado de Mercurio

- Fuentes de Luz con Mercurio
- Estimación del total liberado-año 2010: 1.421,0 kg

Estimación de Liberaciones de Mercurio

**Estimación de las liberaciones de
mercurio al ambiente- Año 2010**

16.389,28 kg Hg/año

Tratamiento y Disposición final

Argentina cuenta con 4 plantas operadoras de residuos de mercurio habilitadas, en el marco de la Ley Nacional 24.051, para la recepción de los residuos estabilizados como sulfuros; 3 de estos operadores disponen los residuos generados por plantas de cloro alcali.

Estas plantas operadoras poseen instalaciones para la recepción y manejo de los desechos de mercurio por el sistema de relleno de seguridad, cumpliendo con los requerimientos de diseño establecidos por la normativa local provincial y nacional.

Planta Operadora 1: Provincia de Buenos Aires

Autorizada para la recepción, tratamiento y disposición final de residuos con mercurio.

Recibe residuos peligrosos de una planta de cloro álcali, consistentes en barros de tratamiento de efluentes y del tratamiento de salmuera, previamente estabilizados con polisulfuro en la planta generadora.

La planta operadora cuenta con laboratorio interno donde efectúan ensayos de lixiviados y análisis previos y posteriores al tratamiento de estabilización.

Las operaciones de eliminación autorizadas para residuos con mercurio son:

Tratamiento Fisicoquímico de estabilización: Para residuos que contienen mercurio elemental. La estabilización se efectúa en un reactor mediante la utilización de polisulfuro de sodio, agua y cemento. De esta manera el mercurio queda estabilizado como sulfuro de mercurio.

Disposición Final en Relleno de Seguridad: Se disponen los residuos de mercurio estabilizados como sulfuro. Estos pueden ser estabilizados en la planta operadora o estabilizados en la planta generadora de los residuos.

Planta Operadora 2: Provincia de Córdoba

Autorizada para la recepción de residuos peligrosos con mercurio, consistentes en: materiales sólidos contaminados con trazas de mercurio (barros, cenizas tierras); luminarias rotas contaminadas con mercurio, previamente estabilizadas; pilas y baterías con mercurio previamente tratadas para su estabilización y posterior ensayo de no lixiviables por el Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP) a la matriz estabilizada.

El principal ingreso de residuos peligrosos con mercurio corresponde a los barros mercuriales de una planta de cloro álcali.

Las operaciones de eliminación autorizadas para residuos con mercurio son:

Tratamiento Fisicoquímico de estabilización

Disposición Final en Relleno de Seguridad estabilizados y dispuestos en coordenadas definidas y conocidas dentro de la celda de seguridad.

Posee laboratorio en sus instalaciones donde se efectúan ensayos de Filtro de Pintura (líquidos libres), pH, sólidos totales y ensayo de estabilización.

Planta Operadora 3: Provincia de Buenos Aires

Se encuentra autorizada para recibir residuos peligrosos con mercurio previamente estabilizados con sulfuros o polisulfuros.

La operación de eliminación habilitada para residuos peligrosos con mercurio es la Disposición Final en Relleno de Seguridad; con estabilización previa en planta externa, y posterior disposición en celdas de seguridad.

No se realiza tratamiento fisicoquímico de estabilización, neutralización y/o solidificación.

Posee laboratorio en el establecimiento para efectuar los ensayos analíticos de control previos a la disposición en las celdas.

Para el caso particular de barro con bajo contenido de mercurio proveniente de plantas de cloro álcali, y previo a su disposición, se sigue un procedimiento específico.

Planta Operadora 4: Provincia de Buenos Aires

Habilitada para operar en relleno de seguridad.

Los residuos Y29 deben estar estabilizados como sulfuros o polisulfuros, además de no ser lixiviables por análisis TCLP

Recibe:

Luminarias Y29 que se disponen con tratamiento previo de estabilización/solidificación.

Pilas y baterías conteniendo mercurio se disponen con tratamiento previo de estabilización y posterior ensayo a la matriz estabilizada.

ALMACENAMIENTO Y DISPOSICION DE MERCURIO EN ARGENTINA

PLAN DE TRABAJO 2012- 2014

OBJETIVO GENERAL: *Diseñar las líneas de acción conducentes a la implementación del almacenamiento y disposición final ambientalmente adecuadas del mercurio elemental y sus residuos*

COMPONENTE

ACTIVIDADES/PRODUCTO	INDICADOR	CRONOGRAMA	RECURSOS NECESARIOS	AUTORIDAD DE APLICACIÓN
1.Component: inventory of release. Mejorar la información relativa a las fuentes de mercurio en el país, a fin de poder cuantificar sus liberaciones a los distintos medios.	Inventario realizado con Toolkit PNUMA Nivel 2	2014 sujeto a la existencia de posibles fondos	Humanos, información y financieros (agencias internacionales donantes como FMAM, PNUMA, PNUD, BID, BIRF o BM)	Autoridades nacionales de aplicación sectoriales
2.Component: legislation/regulation. Revisar el marco normativo general y/o específico relativo al mercurio y sus desechos.	Normativa desarrollada y/o aprobada	2 años	Humanos, financieros y de información	Autoridades nacionales de aplicación sectoriales CRBAS

3.Component: awareness raising. Diseñar una estrategia de sensibilización y difusión	Actividades realizadas	2 años	Humanos y financieros	Autoridades nacionales de aplicación sectoriales, OSC, cámaras sectoriales, sector académico y profesional
4.Component: interagency coordination. Fortalecer las capacidades nacionales a fin de determinar la estrategia a seguir en relación con el almacenamiento y disposición del mercurio y sus desechos en los sectores relevantes	Grupo nacional de trabajo conformado	Reuniones 2/3 veces al año	Humanos y financieros + decisión institucional	Autoridades nacionales de aplicación sectoriales, OSC, (ONG: AAMMA, Salud sin Daño, Greenpeace), cámaras sectoriales y nivel académico
5.Componente technology alternatives Analizar las alternativas técnicas disponibles según el estado del arte, para el almacenamiento de mercurio elemental. Analizar las alternativas posibles de almacenamiento y disposición en el país	Elección adoptada. (Opciones sujetas a normativa local: almacenamiento temporario en el generador, y/o tecnología INTI)	1 año y medio	Humanos, financieros y de información	Autoridades nacionales y provinciales de aplicación sectoriales



CRBAS
Centro Regional Basilea
para América del Sur

INTI

CONSTRUCCIONES



RED de
CENTROS
Convenio de Basilea
Latinoamérica & Caribe



Secretaría
de Ambiente
y Desarrollo
Sustentable
de la Nación

“ALMACENAMIENTO Y DISPOSICIÓN AMBIENTALMENTE ADECUADA DE MERCURIO ELEMENTAL Y SUS RESIDUOS EN LA REPÚBLICA ARGENTINA”



INTI

Instituto
Nacional
de Tecnología
Industrial

Lic. Fabio Luna - fluna@inti.gob.ar
Inga. Alejandra Benitez - alemir@inti.gob.ar

Un almacenamiento ambientalmente seguro de residuos de mercurio se logrará con el confinamiento de los mismos mediante el empleo de un conjunto de barreras naturales e ingenieriles, diseñadas especialmente para tal fin y materializadas en función de las condiciones del medio circundante.

Las mismas deben garantizar la estanqueidad de potenciales lixiviados o contaminantes a perpetuidad para evitar efectos negativos sobre el medio ambiente local y regional.

➤ Almacenamiento permanente (combinación de barreras naturales e ingenieriles), o

➤ Almacenamiento en formaciones geológicamente estables (barreras naturales ej. minas de sal - enterramiento profundo)

Propuesta de Almacenamiento del mercurio basado en el concepto de BARRERAS INGENIERILES: el Hormigón como material para su contención basado en el desarrollo de inmovilización de residuos radiactivos de media y baja actividad realizado a través de un CONVENIO INTI - CNEA

¿EN QUE CONSISTE LA PROPUESTA?

SISTEMA DE MULTIPLES BARRERAS DE SEGURIDAD

REPOSITORIO



CONTENEDOR



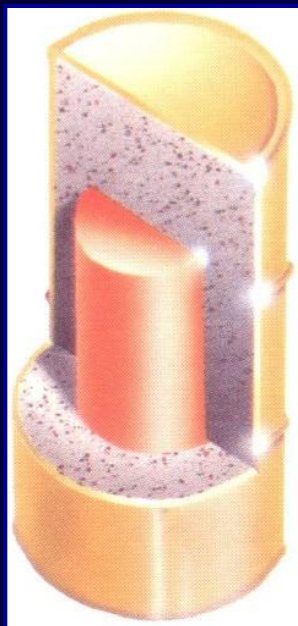
MATRIZ CEMENTICIA

- * Evitar la infiltración de agua
- * Actuar como primera protección ante la intrusión de humanos, animales o plantas

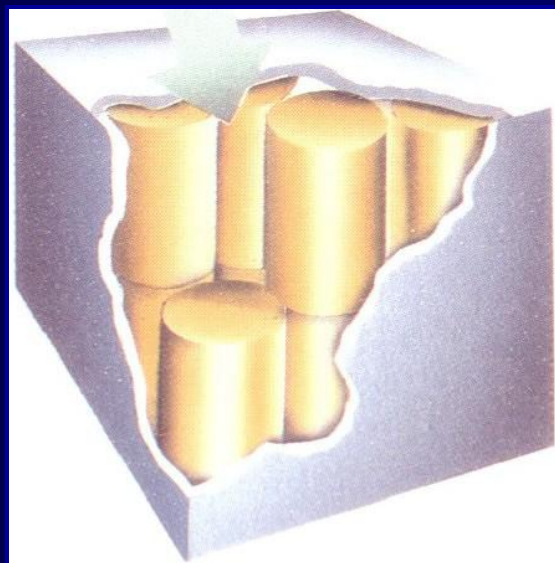
Actuar como segunda barrera ante la infiltración de agua u otras sustancias desde y hacia el exterior

Mantener a los residuos aislados y confinados para evitar la migración hacia el exterior

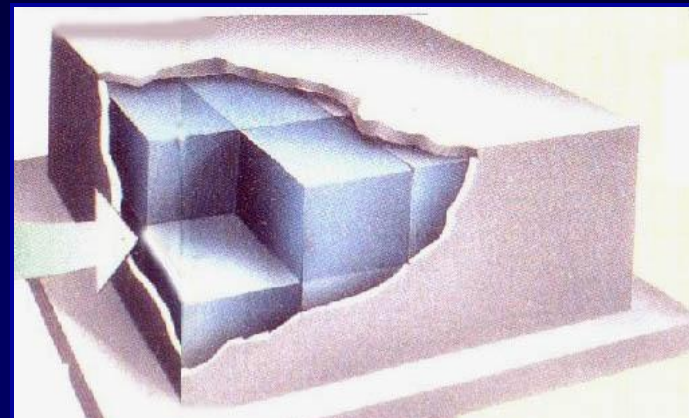
MODELO DE BARRERAS MÚLTIPLES



Residuos en matriz
cementicia



Tambores dentro
del Contenedor



Contenedores dentro del
repositorio



Repositorio enterrado

PLANTEOS PARA EL PROYECTO

- **Demostrar que el Hormigón es un material apto como barrera de seguridad para almacenar residuos de diversas naturalezas**
- **Diseñar contenedores y repositorios de Hormigón**
- **Dosificar y caracterizar hormigones reproducibles para la construcción de contenedores y repositorios**
- **Construir prototipos en escala 1:1 para el monitoreo de las propiedades**
- **Establecer procedimientos para aplicar la tecnología necesaria en la construcción industrializada de los contenedores**

ETAPAS EN LA VIDA UTIL DE UN CONTENEDOR

- Fase de construcción industrializada
- Almacenamiento de los residuos inmovilizados
- Cierre y transporte a su ubicación final
- Resto de vida útil

COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL



DISEÑO Y ARMADURAS

DURABILIDAD DEL CONTENEDOR



DURABILIDAD DEL HORMIGON

PENETRABILIDAD

Flujo, absorción,
Penetración y difusión



Espesor del recubrimiento
Calidad del hormigón (a:c)
Compactación
Terminación
Curado
Fisuración superficial

Calidad del recubrimiento de las armaduras: Evaluación de la permeabilidad

ETAPAS EN LA VIDA UTIL DE UNA INSTALACION DE ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS

- **Fase de construcción**
- **Inicio de la recepción de residuos acondicionados (contenedores)**
- **Cierre al alcanzar su capacidad máxima**
- **Acondicionamiento exterior**
- **Control y vigilancia**
- **Resto de vida útil**
- **Etapas de banalización: cuando el emplazamiento pueda ser empleado sin restricciones para cualquier uso**

ESTUDIOS DE LABORATORIO

- Caracterización de materiales
- Dosificación de las mezclas
- Evaluación de los hormigones
- Selección de la mezcla a utilizar

ESPECIFICACIONES GENERALES DE LAS MEZCLAS DE HORMIGON

- CUC mínimo
- Relación a/c máxima
- Asentamiento
- Aire incorporado
- Resistencia potencial a la compresión

PRINCIPALES PARAMETROS DE CONTROL

- **Propiedades mecánicas: compresión, tracción, flexión**
- **Contracción por secado**
- **Variación dimensional lineal en función de la temperatura**
- **Elevación adiabática de temperatura**
- **Ultrasonido**
- **Resistencia frente a ciclos térmicos (módulo de rotura a flexión, tracción indirecta, ultrasonido)**
- **Porosimetría por intrusión de mercurio**
- **Penetración de agua a presión**
- **Permeabilidad al oxígeno por el Método Cembureau (kO)**
- **Permeabilidad al aire por el Método Torrent (kT)**
- **Succión capilar según norma IRAM 1871**

MEDICIONES IN SITU

Resistencia a la compresión a edades prolongadas

Permeabilidad al aire k_T a largo plazo

Permeabilidad al oxígeno k_O a largo plazo

Succión capilar a largo plazo

Velocidad del pulso ultrasónico promedio

Espesor del recubrimiento promedio

EJEMPLO DE MOLDE DE CONTENEDOR



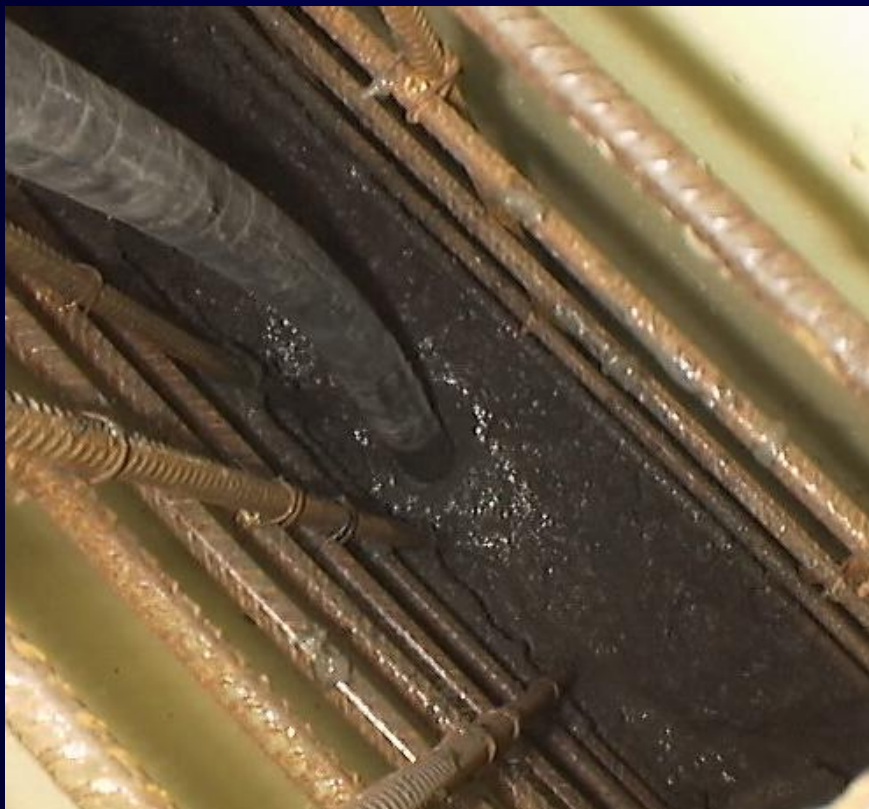
Molde. Paredes externas y armadura



Molde de la tapa del contenedor



Molde del contenedor armado



Detalle del llenado de las paredes



Avance del hormigón en el fondo



Pared llena



Colocación tapa superior



Llenado de la tapa

Terminación de
la tapa





**Curado
del
contenedor**

**Curado
de la tapa
contenedor**



Tapa terminada



Contenedor

Mediciones in situ



Determinación de la permeabilidad al aire



Determinación del espesor de recubrimiento

CONSIDERACIONES APLICABLES AL MODELO PROPUESTO

- Es posible diseñar mezclas de hormigón que se comporten adecuadamente
- Los estudios físicos, mecánicos y de durabilidad realizados permiten concluir que el material es de alta calidad, reproducible y que satisface los requisitos de durabilidad planteados
- Los resultados obtenidos en laboratorio e in situ vinculados con la permeabilidad, comportamiento mecánico, ausencia de fisuras y compacidad pueden avalar el pronóstico de una prolongada vida útil
- El diseño del encofrado tiene gran relevancia para las tareas de llenado, compactación y terminación
- La obtención de un producto de alta calidad depende de un **estricto control de calidad** durante la fabricación de los contenedores y repositorios
- Las características del recubrimiento de la armadura “covercrete” serían la clave para la determinación del criterio de aceptación y rechazo a aplicar y debería ser evaluado mediante ensayos no-destructivos adecuados
- Es imprescindible la elaboración de procedimientos escritos documentados ya que constituyen el punto de partida de cualquier esquema de Control de Calidad
- Se debería determinar un riesgo admisible de aceptación y rechazo sobre una base estadística a partir de la recolección de datos in situ para mejorar el método de predicción de la vida útil

MUCHAS GRACIAS

Lic. Pablo Issaly

Unidad de Sustancias y Productos Químicos

Subsecretaría de Control y Fiscalización Ambiental
y Prevención de la Contaminación

Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable
(SAyDS)

Jefatura de Gabinete de Ministros

pissaly@ambiente.gob.ar

www.ambiente.gob.ar