



UNIVERSIDAD
CIENFUEGOS

Carlos Rafael Rodríguez

Universidad de Cienfuegos

Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales

Departamento Ingeniería Industrial



CIENCIAS ECONÓMICAS
Y EMPRESARIALES

Trabajo de Diploma

*Título: Procedimiento para la gestión logística
de los desechos peligrosos en Cuba.*

*Caso de Estudio: Tubos de rayos
catódicos conteniendo plomo.*

Autora: Ivonne del Sol Moreno.

Tutores: MsC Ing Alexander Brito Brito.

Ing Alberto Zuesada Sevilla.

*Curso 2014-2015
"Año 57 de la Revolución"*





Universidad de Cienfuegos
Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales
Departamento Ingeniería Industrial



Hago constar que el trabajo titulado: **“Procedimiento para la Gestión Logística de los Desechos Peligrosos en Cuba. Caso de estudio: Tubos de Rayos Catódicos conteniendo Plomo”** fue realizado como parte de la culminación de los estudios universitarios de la especialidad de Ingeniería Industrial, por el que suscribe: Ivonne del Sol Moreno, en la Universidad de Cienfuegos.

Se autoriza a que el mismo sea utilizado por tal instalación para los fines que se estimen convenientes, y se esclarece que no podrá ser presentado en eventos ni publicados sin la requerida aprobación del tutor.

Firma del Autor:

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido realizado según el acuerdo de la dirección de nuestro centro y el mismo cumple con los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura, referido a la temática señalada.

Información Científico – Técnica

Computación

Tutor

Oponente



Pedicatoria



Dedicatoria:

Le dedico este trabajo a mi mamá muy en especial por haberme impulsado los 6 años de la carrera, a mi familia en general y a mis compañeras de trabajo que con su apoyo brindado me impulsaron a alcanzar la meta, a los amigos en su marco más estrecho y a los no tan amigos que desde el otro lado me ayudaron a empinarme durante todos estos años de estudio.



Agradecimientos



Agradecimientos:

Quisiera agradecer de manera muy especial a mi tutor, por su atención, apoyo y dedicación en todo momento, sin los cuales no hubiese sido posible la culminación exitosa de este trabajo.

A todos mis profesores y compañeros con los cuales he compartido esta carrera.

A todas las bellas personas que me han brindado parte de su preciado tiempo para la realización de este trabajo.



Resumen



Resumen:

A lo largo de nuestro país están localizados gran cantidad de residuos peligrosos generados por varias instituciones que representan peligros potenciales para el ambiente y la salud. Siendo necesario llevar a cabo un proyecto de desarrollo a nivel nacional de un Centro de Confinamiento para estos residuos y la presente tesis titulada "*Diseño de un procedimiento para la Gestión Logística de los Desechos Peligrosos en Cuba. Caso de estudio: Tubos de Rayos Catódicos conteniendo Plomo*", forma parte del inicio de este.

El objetivo general consiste en diseñar un procedimiento para la Gestión Logística de los desechos peligrosos, específicamente de los "*Tubos de Rayos Catódicos conteniendo Plomo*".

Resulta de gran importancia la propuesta de un procedimiento para la gestión logística de desechos peligrosos en Cuba, así como un conjunto de herramientas propuestas para ser aplicadas en otros tipos de desechos.

Con la implementación del procedimiento se obtiene una caracterización de los Tubos de Rayos Catódicos conteniendo Plomo como uno de los desechos peligrosos más importantes en Cuba, así como la descripción de todo el proceso tecnológico necesario para su recolección, transporte, manipulación y almacenaje, para el proyecto concebido como El Confinatorio, que tendrá ubicación en la provincia de Cienfuegos.



Summary



Summary:

Along our country great quantity of dangerous residuals generated by several institutions that represent potential dangers for the atmosphere and the health are located. Being necessary to carry out a development project at national level of a Center of Confinamiento for these residuals and the present titled thesis "I Design of a procedure for the Logistical Administration of the Dangerous Waste in Cuba. Case of study: Tubes of Cathodic Rays containing Lead", it is part of the beginning of this.

The general objective consists on Designing a procedure for the Logistical Administration of the dangerous waste, specifically of those "Tubes of Cathodic Rays containing Lead."It is of great importance the proposal of a procedure for the logistical administration of dangerous waste in Cuba,así like a group of tools proposed to be applied in other types of waste.

Of the procedure it is obtained a localization and analysis of the generation of the Tubes of Cathodic Rays containing Lead like one of the most important dangerous waste in Cuba, as well as the description of the whole necessary technological process for their gathering, transport, manipulation and storage, for the project conceived as The Confinatorio that will have location in the county of Cienfuegos.



Indice



Índice

Introducción	15
Capítulo I: Consideraciones generales para la Gestión Integral de Residuos Peligrosos	21
1.- Introducción.....	21
1.1.- La Generación de Residuos Peligrosos en el Mundo.....	21
1.1.1.- Aspectos generales y clasificación de los Desechos Peligrosos.....	22
1.1.2.- Estrategias para la gestión integral de los desechos peligrosos.....	29
1.2.- Evolución de la logística ante los nuevos retos de la humanidad.....	33
1.2.1.- El interés por la logística inversa	35
1.2.2.- Diferencias entre la logística directa y logística inversa.....	39
1.2.3.- La logística inversa y el medio ambiente.....	41
1.2.4.- La Logística Inversa en la Gestión de Residuos Peligrosos	44
1.3.- Actualidad ambiental cubana en relación con los desechos peligrosos	48
1.3.1.- Marco legal sobre desechos peligrosos	50
1.3.2.- Propuestas de soluciones a problemas específicos.	54
1.4.- Conclusiones Parciales del Capítulo 1.....	57
Capítulo 2: Aspectos generales sobre el Proyecto Confinatorio y sus necesidades. 59	
2.- Introducción.....	59
2.1.- Antecedentes del Proyecto Confinatorio de Residuos Peligrosos.....	59
2.2.- Generalidades del Proyecto Confinatorio.....	60
2.3.- Descripción del Proyecto de Confinatorio de Residuos Peligrosos en la exCEN .	60
2.3.1.- Partes y áreas que integran un confinamiento de residuos peligrosos.....	62
2.3.2.- Premisas y objetivos del proyecto Confinatorio.....	65
2.4.- Procesos de Gestión Logística de Residuos o Desechos Peligrosos.....	68
2.4.1.- Análisis de los procedimientos Existentes.....	68
2.5.- Procedimiento para la Gestión Logística de Residuos Peligrosos en Cuba.	72
2.5.1.- Etapa 1. Caracterización de los Residuos Peligrosos.....	73

2.5.2.- Etapa 2: Estudio de las disponibilidades logísticas.....	76
2.5.2.1.- Modelo para las rutas de recorrido de los residuos en el confinamiento.....	79
2.5.3.- Etapa 3: Diseño del proceso logístico.....	82
2.5.4.- Etapa 4: Proceso de Tratamiento y Disposición Final de los Residuos.....	85
2.6.- Conclusiones Parciales del Capítulo 2.....	85
Capítulo 3: Implementación del procedimiento para la gestión logística de los Tubos de Rayos Catódicos conteniendo Plomo.....	87
3.- Introducción.....	87
3.1.- Caracterización general de los residuos peligrosos en Cuba.....	87
3.2.- Implementación del Procedimiento para la Gestion Logística de los Residuos Peligrosos en Cuba.	90
3.2.1.- Etapa 1: Caracterización de los Residuos Peligrosos	91
3.2.2.- Etapa 2: Estudio de las Disponibilidades Logísticas.....	100
3.2.3.- Etapa 3: Diseño del proceso logístico.....	110
3.3.- Coclusiones Parciales del Capítulo 3	118
Conclusiones	120
Recomendaciones	121
Bibliografía	122
Anexos.....	125



Introducción



Introducción:

Los desechos o residuos peligrosos son todos aquellos en cualquier estado físico, que por sus características corrosivas, tóxicas, venenosas, reactivas, explosivas, inflamables, biológicas, infecciosas o irritantes, representa un peligro para la salud humana y el medio ambiente.

Hoy son pocas las actividades de la sociedad moderna que no imponen una demanda cada vez mayor de artículos de consumo, productos químicos domésticos, agrícolas y para servicios, incluidas formas muy avanzadas de atención médica. Los resultados de este progreso científico y tecnológico, medidos por el aumento general de la calidad de vida, no sólo han beneficiado a la humanidad sino también están empezando a crear una mayor conciencia de las consecuencias peligrosas para la calidad del medio ambiente.

El problema de cómo y dónde disponer de los desechos peligrosos no es nuevo pero hasta los años sesenta la mayoría de ellos se enterraba o se eliminaba al descuido en vertederos que en su mayor parte eran inadecuados. Durante los años sesenta empezaron a surgir informes sobre la contaminación de las aguas de superficie, de pozo y subterráneas. El conocimiento y el temor del público en cuanto a esta situación aumentaron particularmente en los Estados Unidos, pero pronto también en varios otros países. En EUA, esto llevó al descubrimiento de los miles de vertederos de desechos inadecuados que existen y al desarrollo de un "superfondo". Al mismo tiempo, surgió una actitud pública que hace que sea muy difícil, si no imposible, establecer centros de eliminación de desechos peligrosos (un incinerador, un vertedero, etc.) casi en cualquier lugar, y ahora es bien conocida por todos la expresión "No en mi patio de atrás", que simboliza la oposición a la ubicación de dichos establecimientos en las comunidades.

La disposición inadecuada de residuos peligrosos hizo que los países industrializados dieran una alta prioridad a su manejo en la década de los 80. El manejo de los residuos peligrosos incluye los procesos de minimización, reciclaje, recolección, almacenamiento, tratamiento, transporte y disposición.

Existe una gran preocupación mundial por los riesgos al medio ambiente y a la salud que han causado los residuos peligrosos. Es por ello que se han realizado acciones para gestionar dichos residuos de un amañera ambientalmente segura pues existe una creciente inquietud pública en cuanto a la disposición inadecuada de estos y puedan representar un mayor riesgo para la salud.

Cabe destacar que la principal vía para la solución de los problemas asociados al manejo de los desechos peligrosos es minimizar su generación. Éste es uno de los principios que promueve la Producción Más Limpia, por lo que su introducción en las actividades productivas y de servicios garantizará que se reduzcan los problemas asociados al manejo de los desechos peligrosos en un futuro.

A nivel internacional se han realizado acciones para gestionar los residuos peligrosos y uno de los primeros convenios internacionales para el manejo adecuado de los desechos peligrosos fue la “Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Ambiente Humano” en 1972, en Estocolmo, Suecia.

Otras convenciones y convenios fueron “Pautas y Principios de El Cairo para el Manejo Adecuado de Desechos Peligrosos para el Medio Ambiente” adoptados por la UNEP en junio de 1987 y más recientemente el “Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación” se firmó en marzo de 1989, durante una conferencia celebrada en Basilea, Suiza.

En el año 1993 en América Latina y el Caribe la Organización Panamericana de la Salud (OPS) realizó una encuesta a 21 países de la región incluyéndose también a Cuba con respecto a la producción y eliminación de desechos peligrosos de la industria. El estudio comprendió el análisis de datos sobre cantidades de desechos peligrosos producidos por la industria y los establecimientos de atención de salud lo cual obtuvo como resultados los lodos a un 5.7%, los residuos sólidos 4.3% y los líquidos un 90% siendo este el resultado más elevado debido al agua de lavado de residuos peligrosos, y contaminada con sustancias peligrosas. Los lodos y sólidos también fueron analizados por cada país obteniendo resultados elevados para los más desarrollados como México, Brasil, Uruguay, Venezuela y Argentina.

Este tema de gran importancia internacional requiere de una respuesta decidida y cooperativa, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) y la Organización de Unidad Africana (OUA), sus esfuerzos internacionales están dirigidos a establecer los arreglos de gobierno a gobierno para prohibir o controlar la eliminación de los desechos tóxicos y peligrosos.

La preocupación por el medio ambiente ha pasado de ser minoritaria a extenderse de una manera notable: prensa, políticos, organizaciones sociales, todos se hacen eco de las voces autorizadas de científicos que, desde hace años, han venido alertando sobre la

degradación acelerada que estamos provocando en el planeta. Las empresas, ante las presiones de gobiernos y de consumidores, tratan de mejorar tanto los procesos como sus productos, de manera que el impacto medioambiental, desde el diseño del artículo fabricado hasta el final de la vida útil del mismo, sea lo menos dañino posible.

Una fuente de mejora indudable es la relacionada con la logística y los nuevos retos que plantea la recuperación de material a reusar o reciclar. Toda la problemática que rodea estas decisiones se viene denominando **logística inversa o de reversa**, ya que supone canalizar un nuevo flujo de retorno desde el consumidor hacia los proveedores. La logística inversa, está llamando cada vez más la atención de los responsables de empresas y de los investigadores, implica nuevas oportunidades y obligaciones, a la par que plantea la necesidad de proponer y generar nuevas soluciones para problemas que, hace años, no se ponían de manifiesto.

La generación de desechos peligrosos se ha convertido en la actualidad en un grave problema para la humanidad, creando una situación de alto riesgo para la salud de las personas y un incremento en la contaminación del medio ambiente.

Las estrategias para la gestión de los desechos peligrosos deben estar sustentada en el manejo integral de los desechos peligrosos mediante la prevención de su generación en las fuentes de origen y el manejo seguro de los mismos a lo largo de su ciclo de vida, con el fin de minimizar los riesgos a la salud humana y al medio ambiente.

Por manejo integral de desechos peligrosos se entiende la ejecución de todas las operaciones asociadas a cada una de las etapas del ciclo de vida de estos desechos, que comprende la aplicación de un conjunto de medidas preventivas que deben contemplar tanto la disminución de la generación de residuos como su peligrosidad y asegurar el uso de prácticas de gestión ambientalmente adecuadas en el almacenamiento, transporte, reciclado, tratamiento y disposición final de los residuos.

Para la disposición final de los desechos peligrosos, uno de los métodos más utilizados es el de Confinamiento para minimizar la liberación de contaminantes al medio ambiente.

Cuba en el artículo 27 de la Constitución de la República de Cuba, expresa que “El Estado protege el medio ambiente y los recursos naturales del país. Reconoce su estrecha vinculación con el desarrollo económico y social sostenible para hacer más racional la vida humana y asegurar la supervivencia, el bienestar y la seguridad de las generaciones actuales y futuras. Corresponde a los órganos competentes aplicar esta

política. Es deber de los ciudadanos contribuir a la protección del agua, la atmósfera, la conservación del suelo, la flora, la fauna y todo el rico potencial de la naturaleza.”

El sexto Congreso del Partido Comunista de Cuba, aprobó la sostenibilidad y desarrollo de investigaciones integrales para proteger, conservar y rehabilitar el medio ambiente y adecuar la política ambiental a las nuevas proyecciones del entorno económico y social, a partir de Los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución, en el tema V referido a la Política de Ciencia, Tecnología, Innovación y Medio Ambiente.

El Comité Ejecutivo del Consejo de Ministro, en su acuerdo 4002 de fecha 24 de abril de 2001, encarga al Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) que supervise y exija a los organismos correspondientes el cumplimiento de las regulaciones establecidas para la protección y conservación del medio ambiente y el uso racional de los recursos renovables; así como, dirigir y controlar las medidas que garanticen el cumplimiento de los compromisos internacionales contraídos por el país en materia de medio ambiente, seguridad biológica, uso de la energía nuclear y la prohibición de las armas químicas.

La generación de desechos peligrosos a nivel mundial continúa siendo una problemática en crecimiento, de la que nuestro país no está exento. En Cuba existe un gran volumen de desechos peligrosos que se generan en las industrias, laboratorios, instituciones de la salud y científico-técnicos, en entidades de servicio y otros. Estos se encuentran distribuidos por todo el territorio, cercanos a ecosistemas, asentamientos poblacionales y otras zonas vulnerables constituyendo un gran riesgo de contaminación.

La Empresa SERVIQUÍMICA del antiguo MINBAS solicita un área para Confinatorio de Desechos Peligrosos en la Provincia de Cienfuegos, en las instalaciones que iban a conformar la Central Electronuclear. A nivel nacional se evaluaron tres variantes para el Confinatorio: Las Tunas, el macizo del Escambray y la ex CEN, considerándose esta última como la de mejores condiciones.

La solución definitiva, que incluye el tratamiento y disposición final no está resuelta, siendo el almacenamiento en condiciones seguras y factibles una de las variantes consideradas.

Se desconoce la capacidad de almacenamiento mínima necesaria para confinar todo el inventario de residuos peligrosos existentes en el país.

Para iniciar este proyecto se han seleccionado cuatro tipos de desechos peligrosos, pero se necesitan estudiar cual es el esquema tecnológico necesario para las operaciones logísticas que se van a desarrollar en dicha instalación, es decir, la manipulación, transporte, almacenaje, envases, cargas y conservación, así como todos los medios de seguridad y protección que aseguren la salud de los trabajadores implicados en las mismas.

Todo lo antes expuesto como **situación problemática** de la investigación trae consigo el siguiente **problema de investigación**:

¿Cómo contribuir al diseño de las operaciones logísticas de los desechos peligrosos en Cuba, específicamente los Tubos de Rayos Catódicos conteniendo Plomo que permita el nivel requerido de organización y control de las actividades y recursos asociados en el Proyecto de Confinatorio?

Para solucionar este problema se propone el **Objetivo General** siguiente:

Diseñar un procedimiento para la Gestión Logística de los desechos peligrosos, específicamente los Tubos de Rayos Catódicos conteniendo Plomo, que garantice el nivel requerido de organización y control de las actividades y recursos asociados en el Proyecto de Confinatorio.

Objetivos Específicos

1. Revisar los fundamentos teóricos y tendencias actuales sobre la logística, el tratamiento y el manejo de desechos peligrosos en el mundo y en Cuba.
2. Describir de manera general el proyecto de Confinatorio de Residuos Peligros en Cuba a desarrollar en la provincia de Cienfuegos.
3. Diseñar un procedimiento para la Gestión Logística de los desechos peligrosos, que permita el nivel requerido de organización y control de las actividades y recursos asociados en el Proyecto de Confinatorio.
4. Implementar el procedimiento para la gestión logística en los desechos peligrosos de los Tubos de Rayos Catódicos conteniendo Plomo en Cuba.

El tipo de investigación que se desarrolla contiene las características siguientes: exploratoria, descriptiva, correlacional y explicativa.

Para lograr los objetivos específicos propuestos la investigación se ha estructurado de la manera siguiente:

Capítulo 1: Consideraciones generales sobre los desechos peligrosos y su manejo integral.

Se realiza una revisión de la generación de los desechos peligrosos en el mundo y en Cuba, así como sus generalidades y clasificaciones dadas por las instituciones internacionales relacionadas con el cuidado y protección del Medio Ambiente. Además se analiza la utilización de la logística como ciencia o herramienta para dar solución al manejo integral de los residuos peligrosos, logrando su seguimiento desde las fuentes de generación hasta los puntos donde se defina su tratamiento y disposición final.

Capítulo 2: Aspectos generales sobre el Proyecto Confinatorio y sus necesidades.

En este capítulo se propone la caracterización general del proyecto de Confinatorio de Residuos Peligros en Cuba a desarrollar en la provincia de Cienfuegos. Además se realiza una revisión de los procedimientos existentes en la literatura que tratan sobre la manipulación integral de los desechos peligrosos. Analizando sus ventajas y desventajas para diseñar un procedimiento para la gestión logística de los desechos peligrosos en el proyecto de Confinatorio.

Capítulo 3: Implementación del procedimiento para la gestión logística de los Tubos de Rayos Catódicos conteniendo Plomo.

Implementar las etapas del procedimiento propuesto para la gestión logística en los desechos peligrosos de los Tubos de Rayos Catódicos conteniendo plomo en Cuba.

Como resultados más importantes de esta investigación se encuentran la propuesta de un procedimiento para la gestión logística de desechos peligrosos en Cuba, así como un conjunto de herramientas propuestas para ser aplicadas en otros tipos de desechos.

Del procedimiento se obtiene una localización y análisis de la generación de los Tubos de Rayos Catódicos conteniendo plomo como uno de los desechos peligrosos más importantes en Cuba, así como la descripción de todo el proceso tecnológico necesario para su recolección, transporte, manipulación y almacenaje, para el proyecto concebido como El Confinatorio, que tendrá ubicación en la provincia de Cienfuegos.



Capitolo 1



Capítulo I: Consideraciones generales para la Gestión Integral de Residuos Peligrosos

1.- Introducción.

En este capítulo se revisan los aspectos generales y clasificaciones a nivel internacional de los residuos peligrosos, así como, los elementos a tener en cuenta para su manejo integral, hemos tomado la logística inversa como ciencia para su análisis como una extensión de la gestión de los flujos empresariales hasta la recuperación, reciclaje o confinamiento de sustancias que se generan en las cadenas de suministros o productivas y pueden convertirse en una fuente de riesgo vital para la sociedad cubana.

1.1.- La Generación de Residuos Peligrosos en el Mundo

La creciente actividad humana en los tres grandes sectores económicos ha producido un efecto cada vez más importante sobre el medio ambiente. La generación de residuos a crecido en forma espectacular, pero, además, la naturaleza de los mismos con una contribución mayor de sustancias de peligrosidad, ha aumentado progresivamente los niveles de riesgo asociados a su presencia en el medio (Rodríguez, 1999).

La causa principal, aunque no la única, de este aumento progresivo de la peligrosidad de los residuos es la intensificación y diversificación de la actividad industrial. La industria aparece asociada de manera muy destacada a la producción de ese grupo genérico de residuos catalogables como peligrosos cuya significación resulta cada vez más importante (Rodríguez, 1999).

El estudio de los problemas relacionados con la caracterización de los residuos peligrosos, la evaluación de los riesgos asociados a su presencia y el desarrollo e implantación de estrategias adecuadas para su gestión constituyen, hoy en día, parte esencial del contenido de los programas de investigación en el ámbito del medio ambiente en los países más desarrollados (Rodríguez, 1999).

A través de un gran número de actividades se generan residuos peligrosos fundamentalmente en el sector industrial, siendo el productor más destacado en ellos, los que cuantitativamente no sobrepasan del 20-25% del total de residuos generados por la industria.

En el mundo la cantidad generada de residuos peligrosos se encuentra aproximadamente entre los 350 MM Ton/año (millones de toneladas al año) y los 400

MM Ton/año, lo que representa la magnitud del problema. Perteneciendo a los países industrializados la mayor parte representada por el 90%, siendo ellos también los que tienen una mayor capacidad de respuesta.

En este sentido los problemas de residuos peligrosos emergentes en países con un crecimiento industrial importante en los últimos años presentan caracteres de una particular gravedad. Así, países como Brasil, México y Corea del Sur pueden estar en la actualidad en niveles de producción de residuos peligrosos en torno a los 5 MM Ton/año cada uno (Rodríguez, 1999).

Aún con las reservas que la propia naturaleza del problema impone, se estima que la producción de residuos de esta categoría a nivel mundial rebasa las 350 millones de toneladas al año. La mala gestión o la ausencia de ella, en el pasado, ha dado lugar a un elevado número de casos de contaminación grave del suelo y de las aguas superficiales y subterráneas. En los últimos veinte años se han desarrollado planes específicos sobre este tipo de residuos en los países industrializados, lo que ha permitido avanzar en el conocimiento real de las cifras de producción, con una identificación más rigurosa de las fuentes (Rodríguez, 1999).

Hoy día puede decirse que la gestión de los residuos peligrosos constituye uno de los capítulos de atención prioritaria en los países industrializados. La situación del problema actual exige el enfoque del mismo desde una doble perspectiva: por una parte, se trata de controlar el impacto de estos residuos sobre el medio, mediante una adecuada gestión de los mismos, pero además ha de abordarse la tarea ingente de restaurar los daños producidos en la extensa lista de lugares en los que se van descubriendo los efectos negativos de prácticas pasadas. La estrategia más plausible de cara al futuro pasa por la adopción de medidas de tipo preventivo, encaminadas a reducir la generación de residuos en su origen y a procurar la recuperación de recursos a partir de los mismos (Rodríguez, 1999).

1.1.1.- Aspectos generales y clasificación de los Desechos Peligrosos.

Atendiendo a las principales características o propiedades físicas, químicas y biológicas se pueden clasificar los desechos o residuos sólidos en:

1. Residuos orgánicos biodegradables.

2. Residuos Peligrosos.

3. Residuos estables o inertes.

4. Residuos combustibles.

Se entiende por residuos peligrosos los provenientes de cualquier actividad y en cualquier estado físico, incluyendo toda sustancia o artículo que se convierta en desecho y que por la magnitud o modalidad de sus características físicas, biológicas o químicas, entre ellas características corrosivas, tóxicas, venenosas, explosivas, inflamables, biológicamente perniciosas, infecciosas, irritantes o cualquier otra pueda representar un peligro para el medio ambiente y la salud humana.

Entre los criterios para clasificar un desecho o residuo como peligroso están:

1. Pertenecer a listas de tipos específicos de residuos.
2. Estar incluidos en listas de residuos generados en procesos específicos.
3. Presentar alguna característica de peligrosidad (tóxico, corrosivo, reactivo, inflamable, explosivo, infeccioso, ecotóxico).
4. Contener sustancias definidas como peligrosas.
5. Superar límites de concentración de sustancias definidas como peligrosas.
6. Superar límites establecidos al ser sometidos a ensayos normalizados.

La selección de los criterios utilizados dependerá de las necesidades del país, del desarrollo de la política y la gestión de residuos, de los recursos presupuestales y las limitaciones en materia de infraestructura analítica para la caracterización de los residuos.

Los residuos peligrosos se clasifican de diferentes formas:

- **Residuos domiciliarios.** Su origen es producto de la manufactura o proceso de transformación de la materia prima.
- **Residuo comercial.** Provenientes de ferias, oficinas, tiendas, etc., y cuya composición es orgánica, tales como restos de frutas, verduras, cartones, papeles, etc.
- **Residuo urbano.** Correspondiente a las poblaciones, como desechos de parques y jardines, mobiliario urbano inservible, etc.
- **Basura espacial.** Objetos y fragmentos artificiales de origen humano que ya no tienen ninguna utilidad y se encuentran en órbita terrestre.
- **Industriales.**

- **Agropecuarios.**
- **Hospitalarios.** Desechos que son catalogados por lo general como residuos peligrosos y pueden ser orgánicos e inorgánicos.

Otra clasificación utilizada es:

- **Residuo corrosivo.** Son residuos de productos químicos que causan destrucción de tejidos vivos y/o materiales inertes.
- **Residuo inflamable.** Son líquidos, mezclas de líquidos, o líquidos conteniendo sólidos en solución o suspensión, que liberan vapores inflamables a temperaturas relativamente bajas. Estas se clasifican de acuerdo al punto de inflamabilidad , según la temperatura más baja a la que el líquido desprende vapores en cantidad suficiente para formar una mezcla inflamable en las proximidades de su superficie
- **Residuo tóxico.** Proviene de sustancias como los metales pesados, los pesticidas, los solventes, los combustibles provenientes del petróleo, entre otros, los cuales, al ser manejados incorrectamente, pueden liberar cantidades suficientes de los materiales tóxicos, que puedan causar un efecto directo, crónico o agudo, para la salud de las personas, debido a su inhalación, absorción a través de la piel, e ingestión, o causar una acumulación potencialmente tóxica en el medio ambiente y/o en la cadena alimenticia.
- **Residuo radioactivo.** Contienen elementos químicos radiactivos que no tienen un propósito práctico. Es frecuentemente el subproducto de un proceso nuclear, como la fisión nuclear. El residuo también puede generarse durante el procesamiento de combustible para los reactores o armas nucleares o en las aplicaciones médicas como la radioterapia o la medicina nuclear.

Lista de características peligrosas

Corresponde al sistema de numeración de clases de peligros de las Recomendaciones de las Naciones Unidas sobre el Transporte de Mercaderías Peligrosas (ST/SG/AC.10/1/Rev.5, Naciones Unidas, Nueva York, 1988).

1. **Explosivos (1 H1):** Por sustancia explosiva o desecho se entiende toda sustancia o desecho sólido o líquido (o mezcla de sustancias o desechos) que por sí misma es capaz, mediante reacción química, de emitir un gas a una temperatura, presión y velocidad tales que puedan ocasionar daño a la zona circundante.

2. **Líquidos inflamables** (3 H3): Por líquidos inflamables se entiende aquellos líquidos, o mezclas de líquidos, o líquidos con sólidos en solución o suspensión (por ejemplo, pinturas, barnices, lacas, etc. pero sin incluir sustancias o desechos clasificados de otra manera debido a sus características peligrosas) que emiten vapores inflamables a temperaturas no mayores de 60.5°C, en ensayos con cubeta cerrada, o no más de 65.6°C, en ensayos con cubeta abierta. (Como los resultados de los ensayos con cubeta abierta y con cubeta cerrada no son estrictamente comparables, e incluso los resultados obtenidos mediante un mismo ensayo a menudo difieren entre sí, la reglamentación que se apartara de las cifras antes mencionadas para tener en cuenta tales diferencias, sería compatible con el espíritu de esta definición.)
3. **Sólidos inflamables** (4.1 H4.1): Se trata de los sólidos, o desechos sólidos, distintos a los clasificados como explosivos, que en las condiciones prevalecientes durante el transporte son fácilmente combustibles o pueden causar un incendio o contribuir al mismo, debido a la fricción.
4. **Sustancias o desechos susceptibles de combustión espontánea** (4.2 H4.2): Se trata de sustancias o desechos susceptibles de calentamiento espontáneo en las condiciones normales del transporte, o de calentamiento en contacto con el aire, y que pueden entonces encenderse.
5. **Sustancias o desechos que, en contacto con el agua, emiten gases inflamables** (4.3 H4.3): Sustancias o desechos que, por reacción con el agua, son susceptibles de inflamación espontánea o de emisión de gases inflamables en cantidades peligrosas.
6. **Oxidantes** (5.1 H5.1): Sustancias o desechos que, sin ser necesariamente combustibles pueden, en general, al ceder oxígeno, causar o favorecer la combustión de otros materiales.
7. **Peróxidos orgánicos** (5.2 H5.2): Las sustancias o los desechos orgánicos que contienen la estructura bivalente -o-o- son sustancias inestables térmicamente que pueden sufrir una descomposición autoacelerada exotérmica.
8. **Tóxicos (venenos) agudos** (6.1 H6.1): Sustancias o desechos que pueden causar la muerte o lesiones graves o daños a la salud humana, si se ingieren o inhalan o entran en contacto con la piel.

9. **Sustancias infecciosas** (6.2 H6.2): Sustancias o desechos que contienen microorganismos viables o sus toxinas, agentes conocidos o supuestos de enfermedades en los animales o en el hombre.
10. **Corrosivos** (8 H8): Sustancias o desechos que, por acción química, causan daños graves en los tejidos vivos que tocan, o que, en caso de fuga, pueden dañar gravemente, o hasta destruir, otras mercaderías o los medios de transporte; o pueden también provocar otros peligros.
11. **Liberación de gases tóxicos en contacto con el aire o el agua** (9 H10): Sustancias o desechos que, por reacción con al aire o el agua, pueden emitir gases tóxicos en cantidades peligrosas.
12. **Sustancias tóxicas (con efectos retardados o crónicos)** (9 H11): Sustancias o desechos que, de ser aspirados o ingeridos, o de penetrar en la piel, pueden entrañar efectos retardados o crónicos, incluso la carcinogenia.
13. **Ecotóxicos** (9 H12): Sustancias o desechos que, si se liberan, tienen o pueden tener efectos adversos inmediatos o retardados en el medio ambiente, debido a la bioacumulación o los efectos tóxicos en los sistemas bióticos.
14. Sustancias que pueden, por algún medio, después de su eliminación, dar origen a otra sustancia, por ejemplo, **un producto de lixiviación**, que posee alguna de las características arriba expuestas (9 H13).

De acuerdo al **Artículo 1 del Convenio de Basilea** son "**desechos peligrosos**" a efectos del Convenio los siguientes desechos que sean objeto de movimientos transfronterizos:

1. Los desechos que pertenezcan a cualquiera de las categorías enumeradas en el **Anexo I**, a menos que no tengan ninguna de las características descritas en el **Anexo III**; y
2. Los desechos no incluidos en el apartado anterior, pero estén definidos o considerados peligrosos por la legislación interna de la Parte que sea Estado de exportación, de importación o de tránsito.

Quedan excluidos los siguientes desechos:

1. Desechos urbanos y residuos resultantes de la incineración de desechos urbanos, los cuales son considerados "otros desechos" a los efectos del Convenio.

2. Los desechos que por ser radiactivos estén sometidos a otros sistemas de control internacional.

3. Los desechos derivados de las operaciones normales de los buques, cuya descarga esté regulada por otro instrumento internacional.

El **Anexo I del Convenio** consta de dos partes, en la primera se listan 18 tipos de corrientes o procesos que generan desechos considerados peligrosos (denominados Y1 a Y18), seguidamente se presenta una lista de 27 elementos o compuestos cuya presencia como constituyente determina que el desecho sea considerado como peligroso (Y19 a Y45). **(Ver Anexo 1)**

Mientras que en el **Anexo III del Convenio** se presenta una lista de características de peligrosidad agrupadas en 14 tipos. Para clasificar un desecho como peligroso es necesario tener evidencia que presenta alguna de las características que se listan. **(Ver Anexo 2)**

La Unión Europea utiliza una lista de residuos, denominada comúnmente "**Catálogo Europeo de Residuos**", donde están indicados los residuos que consideran peligrosos. Se trata de una lista armonizada y no exhaustiva de residuos que se examina periódicamente.

Se considera que los residuos clasificados como peligrosos reúnen una o más de las siguientes características definidas como H1 a H14, superando límites de concentración definidos.

Los Estados miembros podrán decidir en casos excepcionales, basados en pruebas documentales, que un residuo que figura en la lista como peligroso no presenta ninguna de las características H1 a H14 en concentraciones superiores a las establecidas y por lo tanto clasificarlo como no peligroso. También podrán decidir, en casos excepcionales, que un residuo que figura en la lista como no peligroso presenta alguna de las características. **(Ver Anexo 3)**

La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) en su Ley de Recuperación y Conservación de Recursos define legalmente como "residuo peligroso" al residuo sólido que:

1. No ha sido excluido de la regulación de residuos peligrosos y
2. Cumple alguno de los siguientes criterios:
 - Exhibe cualquiera de las características de peligrosidad.

- Está incluido en una de las listas específicas.
- Resulta de la mezcla de un residuo sólido y un residuo peligroso listado, salvo que la mezcla no presente ninguna característica de peligrosidad.

Según sus características de peligrosidad se clasifican por su:

Corrosividad

Reactividad

Inflamabilidad

Toxicidad (test de lixiviación)

Existe además otra lista constituida por los residuos que exhiben solamente características de inflamabilidad, corrosividad y/o reactividad. Se trata de una lista de 29 residuos, que no son regulados de igual forma que los anteriores.

Es posible que, por alguna causa (por ejemplo cambio de materias primas o tratamiento previo del residuo), un residuo particular incluido en alguna de las listas no presente ninguna característica de peligrosidad, por lo que el generador podrá solicitar su exclusión como residuo peligroso.

Los residuos excluidos no serán definidos como peligrosos aunque el material esté listado o presente características de peligrosidad.

Cuando se manejan residuos es necesario tener en cuenta la compatibilidad entre los mismos. Se entiende por residuos incompatibles a aquellos que al entrar en contacto o mezclarse con otros, pueden generar calor, fuego, explosión, humos, gases tóxicos o inflamables, disolución de sustancias tóxicas o reacciones violentas.

Los residuos al ser transportados y almacenados deben ser separados o segregados lo cual tiene como objetivo principal minimizar los riesgos de incendio o contaminación que a menudo se presentan en lugares de almacenamiento mixto de sustancias incompatibles. La correcta separación también minimizará las zonas de peligro. **(Ver Anexo 4)**

El etiquetado tiene como principal objetivo identificar el residuo peligroso y reconocer la naturaleza del peligro que representa, alertando a las personas involucradas en el transporte o manejo sobre las medidas de precaución y prohibiciones.

Los envases de residuos peligrosos deben estar debidamente identificados por medio de etiquetas de riesgo, especificando la identidad, cantidad, procedencia del residuo y la clase de peligro involucrado y para ello se utilizan los símbolos universales de identificación de peligro. **(Ver Anexo 5)**

1.1.2.- Estrategias para la gestión integral de los desechos peligrosos.

La política de gestión de residuos a través del tiempo se basó en la búsqueda de soluciones de disposición final, esto era una solución parcial lo que ha ido evolucionando a un enfoque estratégico integral que tiene en cuenta todo el ciclo de vida de productos y residuos.

La disposición final es muy necesaria pero deja de ser el centro de atención a la hora de implementar mejoras pero si constituye un elemento más en la gestión de residuos.

La estrategia para la gestión de los desechos peligrosos debe estar sustentada en el manejo integral de los desechos peligrosos mediante la prevención de su generación en las fuentes de origen y el manejo seguro de los mismos a lo largo de su ciclo de vida, con el fin de minimizar los riesgos a la salud humana y al medio ambiente.

Se entiende por manejo integral de desechos peligrosos la ejecución de todas las operaciones asociadas a cada una de las etapas del ciclo de vida de estos desechos, que comprende la aplicación de un conjunto de medidas preventivas que deben contemplar tanto la disminución de la generación de residuos como su peligrosidad y asegurar el uso de prácticas de gestión ambientalmente adecuadas en el almacenamiento, transporte, reciclado, tratamiento y disposición final de los residuos.

Las etapas que abarca el manejo de los desechos peligrosos son:

1. Aplicación de estrategias de prevención de la generación en las fuentes de origen,
2. Generación,
3. Recolección,
4. Clasificación,
5. Transporte,
6. Almacenamiento,
7. Aprovechamiento económico (reciclaje, reuso),
8. Tratamiento y
9. Disposición final.

Al ser clasificados los residuos en peligrosos o no, los receptores si la carga no es peligrosa pueden verterla directamente a contenedores, acción que se debe respaldar por las autoridades de salud y ambiente, pero si se consideran peligrosas se dividen teniendo en cuenta el tipo de peligrosidad y se almacenan temporalmente para su posterior disposición final teniendo en cuenta que debe hacerse en un contenedor de seguridad. El sistema de Control para residuos peligrosos debe incluir los siguientes aspectos. Cada país necesita un Sistema de Control Nacional para los residuos peligrosos. Ese sistema debe contener cuatro componentes vitales para ser exitoso.

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. La introducción de la capacitación adecuada para los empleados del gobierno que fiscalizan, así como también para los operadores de plantas y para el público en general a través de programas educativos.

Las jerarquías en las estrategias de gestión es necesario definirlas ya que tienen como primera prioridad evitar la generación de residuos en la fuente, dejando la alternativa de disposición final como última opción de manejo, **figura 1.1**.



Figura 1.1- Estrategias de gestión. **Fuente:** Convenio de Basilea 1989

Prevenir y minimizar la generación: Como primera escala en el orden jerárquico se encuentra la prevención y la minimización. Promover la minimización en la generación de

residuos y prevenir los riesgos inherentes a su manejo involucra establecer una política de producción más limpia. Esta etapa de gestión está orientada a la autogestión y dependerá en gran parte del cambio de conducta del generador. Dentro de este concepto también se incorpora el concepto de consumo sustentable, donde el consumidor final es clave para minimizar la generación de residuos peligrosos generados como resultado del final de la vida útil de un bien de consumo. La aplicación de campañas de educación y sensibilización tendientes a modificar hábitos de consumo es esencial para atender este aspecto. Sin perjuicio de ello es necesario también incorporar una política de producción de bienes que apunte a disminuir, entre otras cosas, la cantidad de materiales peligrosos presentes en los mismos.

Aprovechamiento y valorización de residuos: Como segundo orden jerárquico se debe fomentar la recuperación de materiales en un contexto de eficiencia económica y ambiental, involucrando tanto el reciclaje como cualquier valorización de residuos, incluyendo la valorización térmica. Para su efectiva implementación es necesario que se desarrollen los mercados de materiales reciclados.

Tratamiento: Ubicado en el tercer lugar en el orden jerárquico, el tratamiento involucrará procesos de transformación ambientalmente aceptables, que tienen como objetivo reducir el volumen y la peligrosidad de los residuos.

Disposición final: Última opción en la escala jerárquica, la disposición final involucra la práctica de disponer residuos en el terreno mediante la modalidad de relleno de seguridad, diseñado y operado para minimizar los riesgos de contaminación ambiental. Dada las características de los residuos peligrosos, esta modalidad involucra el almacenamiento de largo plazo de los residuos dispuestos. Es por esta razón que se debe lograr un sistema donde se asegure que los residuos que ingresan a disposición final sean el mínimo imprescindible, teniendo en cuenta aspectos tecnológicos y económicos.

En el Plan de Manejo se priorizan las opciones de sustitución de materiales peligrosos o de productos que los contengan, en los procesos productivos o actividades en general, la introducción del concepto de minimización de desechos que incluye el reuso y el reciclaje y la adopción de buenas prácticas de almacenamiento, transporte y manipulación de los insumos y materias primas involucradas, con el objetivo de reducir el volumen y la peligrosidad de los desechos que requieren de tratamiento y disposición final.

Para la disposición final de los desechos peligrosos, uno de los métodos más utilizados es el de confinamiento para minimizar la liberación de contaminantes al medio ambiente.

El emplazamiento de un sitio de disposición final de desechos peligrosos tiene que cumplir los requisitos de ubicación siguientes:

1. Ubicarse en zonas en donde no existan fallas geológicas activas, o que no estén expuestas a deslizamientos o derrumbes de terrenos.
2. Cumplir el radio de protección sanitaria establecidos para la calidad del aire.
3. No deben ser construidos en zonas con riesgo de inundaciones.
4. No deben estar ubicados en suelos inestables o de baja resistencia, tales como suelos orgánicos, arcillas suaves o mezclas de arena y arcilla, suelos que pierden resistencia con la compactación o con la humedad, suelos que sufran aumentos de volumen por consolidación y arenas sujetas a asentamientos e influencia hidráulica, a menos que el proyecto contemple procedimientos aceptables a juicio de la Autoridad para asegurar su estabilidad y resistencia.
5. No deben estar ubicados en sitios expuestos a subsidencias o asentamientos debido a la existencia de minas subterráneas, extracción de agua, petróleo o gas o subsuelos expuestos a disolución.
6. No deben estar ubicados en sitios que puedan afectar aguas superficiales o subterráneas, o ambas, destinadas al abastecimiento de agua a la población, al riego o a la recreación con contacto directo, cuando el desplazamiento del contaminante debido a derrames, sea demasiado rápido e impida la mitigación de los impactos conforme al Plan de Contingencias aprobado para el sitio.
7. El nivel máximo de aguas subterráneas tiene que estar por debajo de los 2 metros del sistema de impermeabilización.
8. Deben estar alejados de actividades tales como almacenes de productos inflamables o explosivos u otros que puedan potenciar las consecuencias frente a la ocurrencia de accidentes o emergencias.
9. Poseer y emplear correctamente por el personal, los medios de protección, así como el plan de mantenimiento de estos.
10. Tener organizado el aviso a la población ante cualquier accidente o avería en la instalación; así como con las instancias de primeros auxilios ante accidentes (Comando Contraincendios, Policía, Policlínico, SIUM, Cruz Roja) y otros que se considere.
11. Tener organizadas las medidas de protección contra incendios.

Todo sitio de disposición final debe tener acceso restringido. Sólo pueden ingresar a este, personas debidamente autorizadas por el responsable de la instalación. Debe además, contar con una cerca perimetral de al menos 1,80 metros de altura que impida el libre acceso de personas ajenas a ella y de animales.

Además de tener concebidos todos los flujos logísticos para el manejo de los residuos y minimizar la ocurrencia de accidentes o daños al medio ambiente.

1.2.- Evolución de la logística ante los nuevos retos de la humanidad.

La preocupación por el medio ambiente ha pasado de ser minoritaria a extenderse de una manera notable: prensa, políticos, organizaciones sociales, todos se hacen eco de las voces autorizadas de científicos que, desde hace años, han venido alertando sobre la degradación acelerada que se está provocando en el planeta. Las empresas, ante las presiones de gobiernos y de consumidores, tratan de mejorar tanto los procesos como sus productos, de manera que el impacto medioambiental, desde el diseño del artículo fabricado hasta el final de la vida útil del mismo, sea lo menos dañino posible. Por tanto una fuente de mejora indudable es la relacionada con la logística y los nuevos retos que plantea la recuperación de material a reusar o reciclar.

El término logística se define desde la antigua Grecia en el año 489 a.c. como “**hacer algo lógico**”, pero esto se refiere solamente al significado como palabra. En general, las definiciones de logística han evolucionado destacando su carácter integrador y sistémico a lo largo de más de 50 años.

En la actualidad, la definición de logística se ha hecho mucho más amplia. En ella se comienzan a considerar temas que pertenecen a decisiones que se producen en el ámbito de las políticas públicas locales, nacionales y también internacionales, como pueden ser las infraestructuras de transporte y las zonas de actividad logística.

Es muy normal observar en las empresas modernas como se recuperan productos o materiales de sus clientes ya sea para extraerles valor o como servicios de postventa.

A este proceso se le llamó **Logística Inversa** por Luttwak (1971), y hoy es la parte descrita por algunos autores como la tendencia del suministro inverso, dónde los fabricantes inteligentes están diseñando procesos eficaces para reusar sus productos.

Existen múltiples definiciones del concepto de logística inversa, retrologística o, la logística de la recuperación y el reciclaje. Desde el punto de vista ambiental, se conceptualiza como:

“El conjunto de actividades logísticas de recogida, desmontaje y procesado de productos usados, partes de productos o materiales con vistas a maximizar el aprovechamiento de su valor y, en general, su uso sostenible”. (Angulo, 2003).

A continuación se relacionan una serie de definiciones que pretenden demostrar como ha ido evolucionando al cursar de los años ya como una actividad empresarial:

“La logística inversa comprende todas las operaciones relacionadas con la reutilización de productos y materiales. [...] se refiere a todas las actividades logísticas de recolección, desensamblaje y proceso de materiales, productos usados, y/o sus partes, para asegurar una recuperación ecológica sostenida”. (Reverse Logistics).

“Es el proceso de planificar, implementar y controlar eficientemente el flujo de materias primas, inventario en curso, productos terminados y la información relacionada con ellos, desde el punto de consumo hacia el punto de origen con el propósito de recapturarlos, crearles valor, o desecharlos”. (Reverse Logistics Executives’ Council).

“Con logística inversa en el sentido más amplio se entienden todos los procesos y actividades necesarias para gestionar el retorno y reciclaje de las mercancías en la cadena de suministro. La logística inversa engloba operaciones de distribución, recuperación y reciclaje de los productos”. (SAFA. Logística Inversa del Medicamento).

“Procesos operativos, administrativos e informáticos mediante los cuales se gestiona el retorno de mercancías y/o soportes logísticos dentro de la cadena de suministros de la manera más eficaz y eficiente posible”. (Carrefour).

“El proceso de logística inversa es la trayectoria mediante la cual los activos y los datos retroceden en la cadena de suministro tradicional. Los componentes claves del proceso de logística inversa son los procesos de retorno y la disposición de productos”. (GENCO. Reverse Logistics for Retailers).

“Es el proceso de planificar, implementar y gestionar la eficiencia del flujo de las materias primas, proceso de inventariado, productos terminados e información, desde el punto de consumo al punto de origen con el propósito de recuperar el valor de la mercancía o el uso adecuado”. (UPS).

“... término utilizado frecuentemente para referirse al papel de la logística en la devolución de productos, reducción de suministros, reciclaje, sustitución y reutilización de materiales, eliminación de desperdicios, reprocesamiento, reparación y refabricación”. (James R. Stock. Universidad de Florida).

“La logística inversa se encarga de la recuperación y reciclaje de envases, embalajes y residuos peligrosos; así como de los procesos de retorno, excesos de inventario, devoluciones de clientes, productos obsoletos e inventarios estacionales, incluso se adelanta al fin de vida del producto con objeto de darle salida en mercados con mayor rotación”. (PILOT).

“Hace referencia al flujo de vuelta de artículos y elementos de embalaje, incluido el servicio al cliente y la retirada final de los artículos devueltos. Estas devoluciones pueden ser ciegas –sin previo aviso al proveedor– o preautorizadas –con previa comunicación al proveedor– y que suele llevar asociado un número de autorización”. (Price Waterhouse - Coopers).

Hawks, Karen. VP Supply Chain Practice, Navesink. Reverse Logistics Magazine, Winter/Spring (2006)

“Logística Inversa es el proceso de planificación, implantación y control de forma eficiente y al coste óptimo del flujo de materias primas, materiales en curso de producción y productos acabados, así como el de la información relacionada, desde el punto de consumo hacia el punto de origen con el objeto de recuperar el valor de los materiales o asegurar su correcta eliminación”

En el año 2008, la Sociedad Cubana de Logística resume la importancia que en el país se le ha dado a este concepto cuando expresa: “la logística inversa ayuda a preservar el medio ambiente mediante reciclaje, reutilización y reducción de materiales, contribuyendo a la preservación de la homeostasis ecosistémica” (Conejero González, Corzo Bacallao, Lugo González y Torres Gemeil; 2008).

Luego de analizar las diferentes conceptualizaciones de la logística inversa podemos plantear que a pesar de haberse elaborado por varios autores tiene como elemento común la reutilización, retorno o reciclaje de mercancías en la cadena de suministros, así como, el destino final. Mientras que el concepto emitido en el 2006, así como, el de la Sociedad de Logística Cubana incluyen como objetivo la recuperación del valor de los materiales y materias primas o asegurar su correcta eliminación.

1.2.1.- El interés por la logística inversa

El interés por la logística inversa en los diferentes ámbitos es relativamente moderno. Muchos autores coinciden que sus inicios se fijan al principio de la década de los años setenta, cuando se comienza a analizar la estructura de los canales de distribución para el reciclaje, los miembros que participan en estos canales, las nuevas funciones, etc.

Pero es a partir de los años noventa cuando se comienza a estudiar con mayor profundidad la gestión de los productos fuera de uso y los sistemas logísticos asociados.

Las razones por las que se ha incrementado en los últimos años el estudio de la logística inversa son:

1. El creciente aumento de los productos retornados,
2. Las oportunidades de venta en los mercados secundarios,
3. La enorme proliferación de las devoluciones fin de vida,
4. La presión de los consumidores sobre las empresas para responsabilizarlas de la eliminación de los productos que contienen residuos peligrosos y que la capacidad de los vertederos ha llegado a ser limitada y cara.

Teniendo en cuenta las definiciones emitidas por diferentes autores la logística inversa es un importante sector de actividad dentro de la logística que engloba multitud de actividades. Algunas de estas actividades buscan de alguna manera, mejoras y mayores beneficios en los procesos productivos y de abastecimiento de los mercados. Otras, tienen connotaciones puramente ecológicas, como la recuperación y el reciclaje de los productos, evitando así un deterioro del medio ambiente. Así, procesos de retorno de excesos de inventario, devoluciones de clientes, productos obsoletos, inventarios sobrantes de demandas estacionales, etc., y actividades de retirada, clasificación, reacondicionamiento y reenvío al punto de venta o a otros mercados secundarios, son algunas de las operaciones que pueden enmarcarse dentro de la logística inversa.

Las actividades de la logística inversa son aquellos procesos que se utilizan para recoger productos usados, dañados, no deseados o desfasados, al igual que los envases y embalajes y el transporte de éstos desde los usuarios finales al vendedor. El principal objetivo es recibir el valor más alto posible por los bienes y productos, de acuerdo con las restricciones legales o cláusulas impuestas por el vendedor, o en caso contrario proceder a su eliminación al menor coste posible, **figura 1.2**.

Cuando un producto se ha devuelto a una empresa, ya se trate de una devolución dentro del periodo de garantía o de un producto al final de su vida útil, la empresa dispone de diversas formas de gestionarlo con vistas a recuperar parte de su valor. Estas opciones están sujetas a múltiples consideraciones: viabilidad técnica, calidad del producto, existencia de infraestructuras, costes implicados, consecuencias para el medio ambiente, etc.



Figura 1.2.– Ciclo de vida de un producto.

Como se ha dicho, la logística inversa se encarga de la recuperación y reciclaje de envases, embalajes y residuos peligrosos; así como de los procesos de retorno de excesos de inventario, devoluciones de clientes, productos obsoletos e inventarios estacionales.

Incluso se adelanta al fin de vida del producto, con objeto de darle salida en mercados con mayor rotación. Las actividades pueden ser las siguientes: reparación (calidad menor que los productos nuevos), renovación (proporcionar una calidad específica), reciclaje (recuperación para ser utilizado de nuevo), canibalización (recuperación de una parte de conjuntos reutilizables), reutilización directa (sin ninguna transformación de importancia), destrucción del producto, enajenación a un tercero, vertido (no reutilización de forma alguna), restauración (en la que se conserva la identidad del producto), y refabricación (fabricar el producto utilizando componentes del producto retornado), **figura 1.3.**

Las principales características que diferencian las cadenas de suministro directo con las redes inversas son, en primer lugar, que el momento, cantidad y calidad de los productos entregados puede ser controlado de acuerdo con las necesidades del sistema; sin embargo, en las redes inversas el suministro puede ser difícil de predecir. Las redes directas no incluyen una etapa de inspección similar a las inversas, por lo que éstas son más complejas. Otra diferencia fundamental viene identificada por el número de orígenes de las redes inversas, que suelen ser más numerosos que el número de puntos de suministro en logística directa, **figura 1.4.**

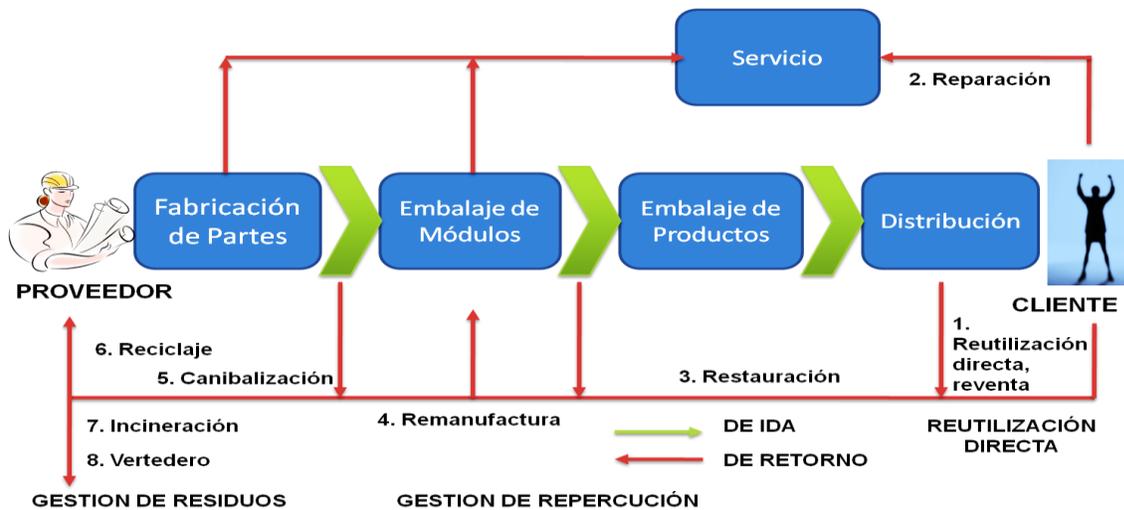


Figura 1.3.- Fabricación de un producto.

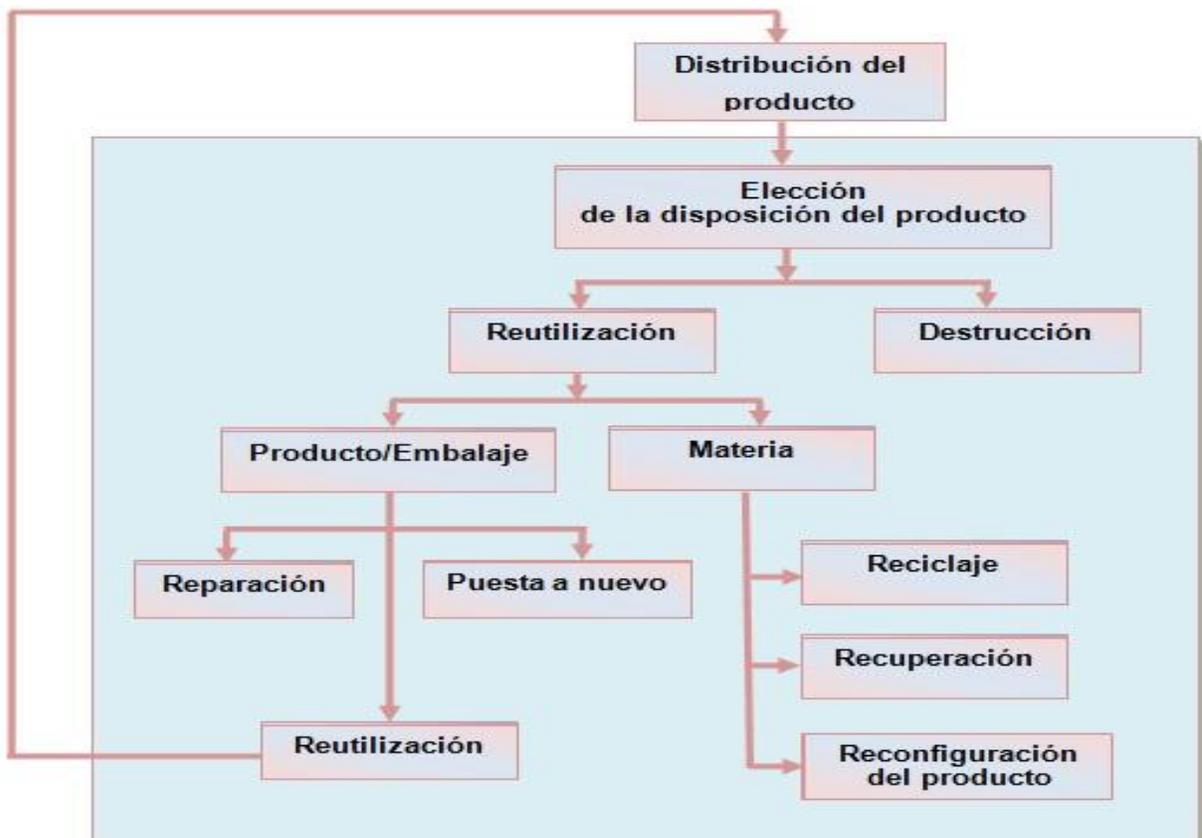


Figura 1.4.- Distribución del Producto. Fuente: Feal Velázquez, Javier 2009.

1.2.2.- Diferencias entre la logística directa y logística inversa

Después de conocer los conceptos de logística y de logística inversa es necesario conocer a fondo las diferencias entre los dos campos, de ahí la necesidad de que se

profundice en la logística inversa en las empresas, pues muchos logísticos pretenden trasladar los modelos y conceptos de la logística directa a la inversa; la logística inversa no es necesariamente «*un cuadro simétrico de distribución directa*» (Fleischmann, 1997), cuadro 1.

Otra diferencia importante entre la logística directa e inversa es precisamente el costo de sus operaciones y actividades. Esta diferencia se resume en el cuadro 2.

En la logística inversa se pueden identificar cuatro clases de redes básicas: la directamente reutilizable, la de refabricación, la de reparación y la de reciclaje.

Logística directa	Logística inversa
<ul style="list-style-type: none"> • Estimación de demanda relativamente cierta. • Transporte de uno a muchos generalmente. • Calidad del producto uniforme. • Envase del producto uniforme. • Precio relativamente uniforme. • Reconocida importancia a la rapidez de entrega. • Los costos son claros y monitoreado por sistemas de contabilidad. • Gestión de inventario relativamente sencilla. • Ciclo de vida del producto gestionable. • Métodos de marketing bien conocidos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Estimación de demanda más compleja. • Transporte de mucho a uno generalmente. • Calidad del producto no uniforme. • Envase a menudo dañado o inexistente. • El precio depende de muchos factores. • A menudo no es importante la rapidez de entrega. • Los costos inversos son menos visibles y rara vez se contabilizan. • Gestión de inventario muy compleja. • Ciclo de vida del producto más complejo. • El marketing puede estar complicado por varios factores.

Cuadro 1.– Diferencias entre la logística directa e inversa (Tibben-Lembke y Rogers, 2002).

Costos de logística inversa	Comparación con la logística directa
<ul style="list-style-type: none"> • Transporte • Costo de inventario • Merma • Obsolescencia • Clasificación y diagnóstico de la calidad. • Manipulación • Reparaciones y reempaquetado • Cambio de valor en los libros 	<ul style="list-style-type: none"> • Mucho mayor • Menor • Mucho menor • Puede ser mayor • Mucho mayor • Mucho mayor • Significativo para la logística inversa, no existente logística directa • Significativo para la logística inversa, no existente logística directa

Cuadro 2.– Comparación entre los costos de logística inversa y directa (Tibben-Lembke y Rogers, 2002).

Los tipos de redes inversas pueden clasificarse según la motivación para la reutilización:

- ✓ legal (medioambiental) y económica (recuperar el valor del producto usado)
- ✓ según el tipo de artículo recuperado (embalajes, componentes de repuestos y artículos domésticos);
- ✓ según la forma de reutilización (reparación, renovación, reciclaje, reprocesamiento, canibalización y reutilización) y
- ✓ según los actores implicados (productor, consumidor, reciclador y recogedor).

En principio se puede observar que existen ciertas fuerzas que incentivan el uso de la logística inversa, entre estas destacan tres categorías:

1. Razones económicas (directa e indirecta).
2. Razones legislativas.
3. Razones de responsabilidad extendida.

Se puede apreciar que la fuerza económica está relacionada a todas las acciones de recuperación donde la compañía tiene una ingerencia directa o indirecta de beneficios económicos (esto se refleja en el abaratamiento de costes, disminución del uso de materiales o en la obtención de partes de repuesto valiosas), aún cuando los beneficios no son inmediatos, el involucramiento con la logística inversa puede ser un paso estratégico si se espera una legislación ambiental, así mismo debido a estas mismas legislaciones, y al uso de una tecnología diferente puede disuadir a otras compañías de entrar a competir al mercado. Por último, podemos ver que una compañía que tiene una buena imagen (ambiental) es preferida en muchos mercados, como es el caso de los mercados europeos; así mismo, esta imagen estrecha vínculos con el cliente, debido a que existe un incremento creciente de conciencia ambiental de la Sociedad.

Idealmente una cadena de este tipo también es llamada una cadena de suministro circular (ya que el flujo inverso cierra el ciclo) mejora el aprovisionamiento de los productos, servicios e información, mejor de lo que lo haría una cadena de suministro tradicional ya que reduce costos a la vez que reduce el impacto ambiental.

Sin embargo, es difícil ejecutar políticas de logística inversa con éxito debido a una serie de impedimentos como son, el retraso en las devoluciones, la variabilidad de la cantidad de productos defectuosos, la calidad desconocida del producto desde el nivel de información del consumidor, resistencia al cambio, restricciones financieras, y una serie de carencias (de sistemas logísticos y de información, de adecuadas medidas de rendimiento, de formación, educación y recursos de personal, de compromiso por la alta

dirección, de recompensas, de planificación estratégica y desgana de comerciantes, distribuidores y minoristas).

1.2.3.- La logística inversa y el medio ambiente

Durante el siglo XX se realizaron grandes avances tecnológicos, se desarrollaron grandes industrias que utilizan inmensas cantidades de recursos minerales, energéticos y naturales.

Por mucho tiempo se trabajó a expensas del medio ambiente, agotando sus recursos y dañándolo grandemente con emisiones de gases a la atmósfera, y vertido de sustancias peligrosas tanto líquidas como sólidas en la tierra o las aguas. Los síntomas se comenzaron a notar a finales del siglo pasado, el calentamiento global, los agujeros en la capa de ozono, la desertificación, los grandes cambios climáticos, la pérdida de la diversidad biológica, así como el agotamiento de los recursos minerales por sólo citar algunos.

Es por esto que en la alborada del Tercer Milenio, se están realizando acciones para contrarrestar el impacto negativo del hombre en el medio ambiente. Las leyes que sancionan a los que dañan su entorno se han creado por todo el mundo, los mercados se vuelven susceptibles a productos ecológicos sobre todo en la esfera de los alimentos y ya existen tendencias a comprar aquellos productos que estén certificados de que se realizan con procesos que no dañan el medio ambiente o que su daño es el mínimo posible.

Nuevas tendencias de producción y de calidad respetuosas con el medio ambiente se pueden notar en las empresas modernas. La logística, como actividad empresarial importante se ha desarrollado también en este sentido apareciendo las estrategias de logística inversa a finales del siglo pasado, con el objetivo del retorno de los productos, envases y embalajes para reutilización directa, salvar algunas partes, el reciclado de los materiales o una correcta eliminación de los mismos con un mínimo impacto ambiental desfavorable. Aunque se han desarrollado grandes avances, la logística inversa es aún un tema novedoso, sobre todo en países en vías de desarrollo donde queda mucho por hacer.

Ninguna organización o empresa que se preocupe por su éxito y desarrollo futuro puede permitirse el lujo de ignorar el medioambiente que rodea su actividad.

La importancia de la Logística Inversa se ha incrementado en los últimos años como consecuencia de:

- Aparición de Nuevas directivas de la Unión Europea (Extensión de la responsabilidad del productor, Internacionalización de costes medioambientales, Objetivos de reciclaje y prohibición de sustancias peligrosas).
- Retos Medioambientales (Crisis de los vertederos, Escasez de los recursos naturales, Carácter lineal del sistema industrial).

La Logística Inversa viene a representar un 4% de los costos logísticos totales. Los distribuidores que adoptan programas de Logística Inversa ahorra entre el 1-3% de sus ventas, reducen mucho tiempo y dinero dedicado a la gestión de retornos de recursos, transporte y reconciliaciones en la facturación.

✚ **Aumento de los índices de devolución.** Porcentajes de devoluciones:

- Editores de Libros (20-30%)
- Tarjetas de felicitación (20-30%)
- Fabricantes de ordenadores (10-30%)
- Distribuidores electrónicos (10-12%)
- Electrónica de consumo (4-5%)

El concepto de Logística Inversa engloba tres aspectos:

1. Logística de devoluciones o retornos (Moda, Daños en la Cadena de Suministro, Previsiones Incorrectas)
2. **Logística de residuos** o materiales fuera de uso
3. Aprovechamiento de capacidades logísticas

La Gestión de los flujos de retorno de productos o mercancías es un proceso complejo debido entre otros motivos al distinto uso o destino de los mismo, que puede ser: desde su reutilización enviándola al mismo mercado o a otro diferente tras verificar su buen estado o haberle realizado alguna pequeña operación de arreglo; recuperación de algunos de los componentes del producto tras ser reinspeccionados y limpiados y utilizarlos en la producción de nuevos productos realizando la funcionalidad original o no; hasta su reciclado, desmantelado y/o destrucción.

La **Logística de devoluciones o retornos** ha crecido como consecuencia del aumento de la venta a distancia y crecerá cuando internet vaya creciendo, pero sobre todo crecerá porque los mercados pasan de ofrecer productos a dar servicios.

La creciente competitividad entre las diversas compañías, en un mercado en el que cada vez son menos las diferencias reales entre productos, ha obligado a las empresas a desarrollar todo tipo de políticas de servicio al cliente, tales como: “satisfacción garantizada”, “si no está satisfecho le devolvemos su dinero”, entre otras.

Razones por las cuales los productos son devueltos y lo que se hace con ellos cuando son devueltos:

La **Logística de residuos o productos fuera de uso**, tiene un crecimiento seguro, en debido a tres aspectos en particular:

1. Los residuos generados en cualquier actividad se quedaban hasta ahora donde se generaban. A partir de ahora deben ser conducidos a plantas específicas para su reutilización, reciclado, o destrucción controlada.
2. Los productos de Fin de su vida útil eran “eliminados” por su último consumidor. Ahora la responsabilidad pasa al fabricante.
3. La exigencia sobre los residuos y los envases residuales hará que los proveedores incorporen las ofertas a sus clientes por la retirada de los envases de sus productos, o de los subproductos residuales de su utilización.

Dentro de este segundo aspecto se propone una definición de Logística que integre claramente la función directa y la función inversa en cuanto al concepto de Logística de residuos y productos fuera de uso, por lo que apoyándose en la definición de **Rogers y Tibben-Lembke** (1999), se puede definir la Logística como *“el proceso de planificación, desarrollo y control eficiente del flujo de materiales, productos e información desde el lugar de origen hasta el de consumo de manera que se satisfagan las necesidades del consumidor, recuperando el residuo obtenido y gestionándolo de tal manera que sea posible su reintroducción en la cadena de suministro, obteniendo un valor añadido y/o una adecuada eliminación del mismo”*

La recuperación económica de los materiales fuera de uso generará, por tanto, un flujo de materiales y productos desde el consumidor hasta el productor, para lo cual deberá desarrollarse un Sistema Logístico Inverso (SLI) capaz de manejar eficientemente dicho flujo inverso. La función inversa de la logística permitirá lograr este objetivo y con ello contribuirá a generar ventajas competitivas de carácter sostenible.

Esto permite conseguir a su vez una reducción importante del consumo energético, una disminución de la extracción de materias primas naturales o una disminución de los

residuos enviados a los vertederos con todos los inconvenientes que éstos están generando actualmente (Ginter y Starlin, 1978; Dowlatshahi, 2000; Clelland et al, 2000).

Este problema, a priori industrial, se ha convertido en los últimos años un tema social que preocupa tanto a los representantes políticos como a la sociedad en general, por tanto, esta situación está llevando a las organizaciones empresariales a plantearse la forma de cerrar el ciclo de vida de sus productos.

Finalmente, sobre el **aprovechamiento de capacidades**, ya se ha comentado que se enfrenta a una serie de dificultades prácticas como:

1. Si se intenta transportar residuos, esto excluye en la práctica a los vehículos de carga general, y a la carga en sí, por lo que no se puede nunca optimizar flotas a través de incorporar estos servicios
2. Si se intenta mezclar recogidas en las rutas de reparto, tiene la dificultad propia de que los productos a recoger no tienen ya interés para su propietario, así que la fiabilidad y preparación de las recogidas está entre nula y negativa.

Por tanto, se puede concluir que la Logística Inversa se encarga de la recuperación y reciclaje de envases, embalajes y residuos peligrosos; así como de los procesos de retorno de excesos de inventario, devoluciones de clientes, destrucción, reacondicionamiento de los productos, productos obsoletos e inventarios estacionales.

Como consecuencia de todo lo anterior es que en los próximos años la Logística Inversa va a suponer una importante revolución en el mercado empresarial y, muy probablemente, se convertirá en uno de los negocios con mayores perspectivas de crecimiento.

Por eso, es necesario integrar la Logística Inversa dentro del resto de la cadena, provocar sinergias con la logística directa y llegar a acuerdos de nivel de servicio entre el operador y el cliente para llevar a cabo la logística inversa con garantías. Los flujos de retorno de los productos suelen tener unos costes elevados, principalmente a causa de la gran capilaridad, de la manipulación adicional que supone y de los controles de calidad que supone y de los controles de calidad que deben pasar los productos retirados.

1.2.4.- La Logística Inversa en la Gestión de Residuos Peligrosos

La globalización económica, la reglamentación y continua regulación y estandarización en la industria, el desarrollo de infraestructura, los avances tecnológicos y la sostenibilidad del medio ambiente están obligando a las empresas a replantearse la forma de hacer

negocios, así como a buscar nuevos enfoques para mantener y ampliar su presencia en el mercado. Las nuevas estrategias empresariales que pasan por la racionalización en las operaciones de fabricación y producción, así como en el lanzamiento de iniciativas para servir nuevos mercados, con nuevos productos y nuevos conceptos ecológicos, muestra de ello este Congreso Internacional de Seguridad Agroalimentaria.

Teniendo en cuenta todos los procesos, procedimientos y a la introducción de una legislación medio ambiental exigente que obliga a los fabricantes a efectuar control, trazabilidad y metrología para sus productos y elevar el nivel de protección del medio ambiente, surge la proyectiva disciplina de la Logística Inversa o Reversa, entendida como la renovación reciclaje y recogida de productos, envases y embalajes, para minimizar el impacto en el ambiente y la salud de las finanzas empresariales.

La Logística Inversa gestiona el retorno de los productos al final de la cadena de abastecimiento en forma efectiva y económica. Su objetivo es la recuperación y reciclaje de envases, embalajes, desechos y **residuos peligrosos**; así como de los procesos de retorno de excesos de inventario, devoluciones de clientes, productos obsoletos e inventarios estacionales. Se adelanta a la declinación del ciclo de la vida útil del producto, con objeto de mercados de mayor rotación.

El término de Logística Inversa no se utiliza solo para hacer referencia al papel de la logística en el retorno del producto, sino que también se refiere a la reducción en origen, el reciclado, la reutilización de materiales, la sustitución de materiales, la eliminación de residuos y desperdicios, la reparación y a la re manufacturación de los mismos. Su introducción ha sido el resultado de la creciente conciencia medio ambiental en los países industrializados, que lleva a plantearse los problemas de la recogida de residuos y de productos o componentes usados y su reciclaje.

La logística inversa se propone como objetivo estratégico económico, agregar valor económico, el cual crea valor y diferenciación de las compañías. Sus conceptos aceptan los nuevos retos empresariales de competitividad y responsabilidad social empresarial, frente a la ecología.

Los objetivos de la logística Inversa han evolucionado desde el análisis de las devoluciones durante toda la cadena hasta establecerse como una estrategia propia de la empresa, como se muestra en la **figura1.5**

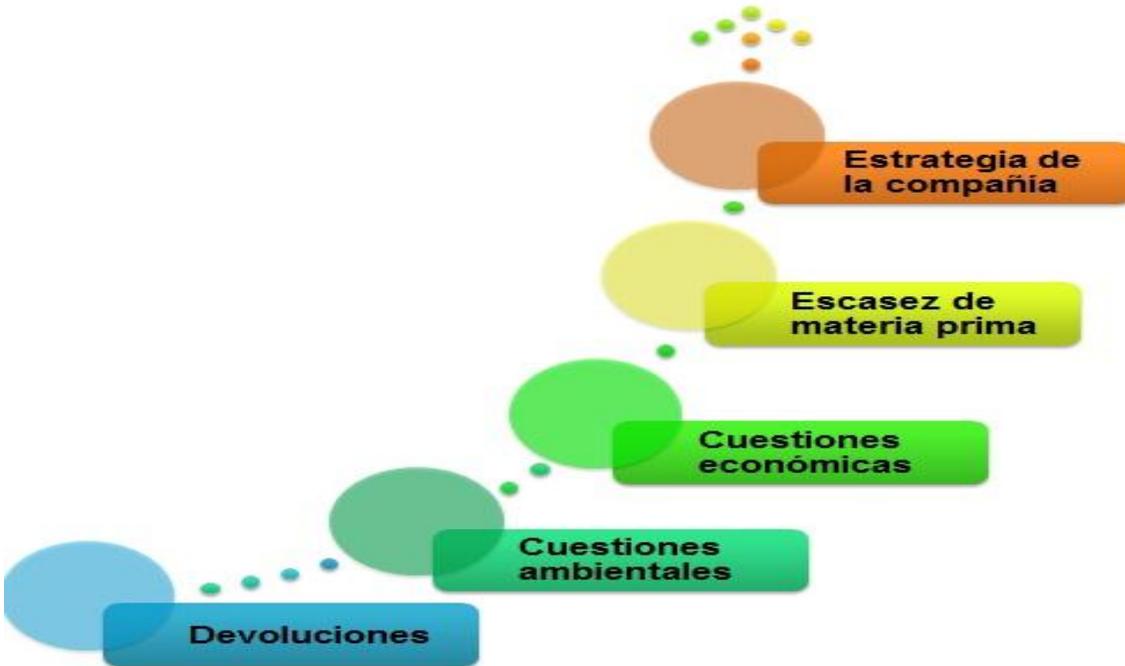


Figura 1.5.-Evolución de los objetivos de la Logística Inversa. Fuente: Basilio Balli Morales

Durante este proceso de evolución la logística inversa ha pasado desde las cuestiones ambientales, económicas, escasez de materias primas hasta la una estrategia sólida de la empresa donde se coordinan todos los elementos y condiciones necesarias para dar cumplimiento durante el periodo definido.

De esta transformación del enfoque de gestión en la empresa surgen las razones para aplicar una logística inversa como son:

- Cumplimiento de la legislación ambiental.
- Beneficios Económicos: disminución en los costos de producción, ahorros en compra de materias primas, etc.
- Recuperación de materias primas difíciles de conseguir.
- Servicio al cliente y garantías.
- Responsabilidad Social.
- Ventaja competitiva

Aunque este cambio incluye asumir varios retos importantes a nivel empresarial como son:

- **En las materias primas:** debe ser factible recuperarlas y reprocesarlas.

- **En el diseño de sus productos:** pues no solo se exigirá fácil procesamiento y ensamble, sino, facilidad de desensamble, (diseño para el desensamblaje).
- **Los procesos de planeación y procesamiento** deben permitir la combinación de materia prima virgen, con material reciclable.
- **La programación de producción:** debe manejar el alto grado de variabilidad de los productos en sus diferentes, factores: cantidad, disponibilidad, oportunidad de suministro, etc.
- **En el manejo de inventarios:** surgen, además de los problemas anteriores, el de la alta posibilidad de deterioro u obsolescencia, por el tiempo y las condiciones de almacenaje.
- **En el mercado: se abrirán nuevas oportunidades y nichos, (Mercados Verdes)**

Lo esperable es que las mercaderías fluyan desde los proveedores hacia los puntos de consumo satisfaciendo a los clientes y generando el mayor ingreso posible. Por lo tanto no deberían existir devoluciones.

En un sentido estricto, la logística de inversa ni debiera existir (desde el punto de vista de las devoluciones, desde el punto de vista medioambiental si). Es un mal necesario (**es la medicina**) y por tanto la logística reversa o inversa es un compromiso de todos para lograr la sostenibilidad de la humanidad.

Los desechos peligrosos son aquellos provenientes de cualquier actividad y en cualquier estado físico que, por la magnitud o modalidad de sus características corrosivas, tóxicas, venenosas, explosivas, inflamables, biológicamente perniciosas, infecciosas, irritantes o cualquier otra, representen un peligro para la salud humana y el medio ambiente.

El manejo, conocido también como gestión logística de los desechos peligrosos abarca todas las operaciones que se pueden realizar con los mismos, una vez que han sido generados. Estas son: recolección, tratamiento o eliminación, transporte, el cual contempla la importación y la exportación, almacenamiento o confinación y disposición final.

La situación actual de muchos países es la acumulación de cantidades apreciables de desechos peligrosos, algunos de los cuales no cuentan ni con adecuadas condiciones de confinamiento, en espera de disponer del los recursos financieros necesarios para su solución definitiva.

1.3.- Actualidad ambiental cubana en relación con los desechos peligrosos

En la Estrategia Ambiental Nacional 2011-2015 y el Programa Nacional de Lucha Contra la Contaminación del Medio Ambiente 2008-2015 se reconocen los principales problemas ambientales del país, considerando aquellos de mayor impacto y que tienen lugar en la más amplia escala nacional, tomando en cuenta, entre otros factores:

1. Afectación de áreas significativas, por su dimensión y/o valores, del territorio nacional.
2. Impacto producido en las áreas densamente pobladas.
3. Afectaciones a la salud y la calidad de vida de la población.
4. Impactos en la seguridad alimentaria.
5. Efecto sobre los ecosistemas y los recursos biológicos.
6. Otros impactos económicos y sociales.
7. Los recursos y procesos sobre los que se producen con mayor fuerza los impactos del cambio climático.

Aunque los principales problemas ambientales del país tienen una compleja y dinámica interrelación, y afectan la cantidad y calidad de nuestros recursos naturales en su vínculo con el desarrollo económico y social, se reconoce a los DESECHOS PELIGROSOS como uno de ellos.

El manejo inadecuado de los desechos peligrosos constituye un motivo de especial preocupación, debido a su incidencia directa en el incremento de los peligros y riesgos para la salud humana y el medio ambiente.

La situación en Cuba se caracteriza por la generación anual de más de un millón de toneladas de desechos peligrosos, una buena parte de los cuales no reciben un tratamiento adecuado. Existen toda una serie de dificultades que conllevan a un inadecuado manejo de los desechos peligrosos. El grado de obsolescencia tecnológica, la insuficiente aplicación de enfoques preventivos, la deficiente cobertura de tratamiento y disposición final y el insuficiente nivel de aprovechamiento de los desechos, inciden significativamente en el aumento de los volúmenes y peligrosidad de estos contaminantes.

Por otra parte, la carencia de una infraestructura nacional para llevar a cabo servicios centralizados de tratamiento y disposición final de estos desechos constituye una importante limitación para la aplicación de posibles alternativas de solución a los diferentes problemas identificados en el país.

Otros factores que inciden negativamente son los limitados recursos materiales y financieros para la ejecución de acciones encaminadas a la solución de esta problemática, así como la insuficiente disponibilidad de recursos humanos debidamente capacitados para desarrollar las actividades vinculadas al manejo de productos químicos y desechos peligrosos, lo que puede conllevar a cometer indisciplinas tecnológicas conducentes a situaciones de alto riesgo.

La situación en el ámbito nacional se caracteriza en lo fundamental por lo siguiente:

- Existencia de acumulaciones dispersas de desechos peligrosos.
- Insuficiente infraestructura nacional para el tratamiento y disposición final de desechos peligrosos en general.
- Insuficiente infraestructura y limitaciones en los mecanismos nacionales existentes para el acceso e intercambio de información sobre desechos peligrosos.
- Carencia de mecanismos nacionales orientados al desarrollo de servicios ambientales vinculados a la gestión de desechos peligrosos.
- Limitada capacidad para el desarrollo de evaluaciones y comunicación de riesgos asociados al manejo de productos químicos de interés e insuficiente incorporación de la evaluación de riesgos a los procesos de toma de decisiones nacionales.
- Insuficiente disponibilidad de recursos financieros para la ejecución de acciones vinculadas al tratamiento y disposición final de desechos químicos y otros desechos peligrosos.
- Deficiente manejo de los desechos peligrosos hospitalarios.
- Insuficiente nivel de sensibilización de la población e instituciones a todos los niveles, con relación a la temática.

En adición a los elementos señalados con anterioridad, se incluyen otros de carácter subjetivo como: el bajo nivel de identificación de sus responsabilidades en la solución de la problemática existente por parte de los actores involucrados; la insuficiente incorporación de la misma en el proceso de elaboración de los planes de la economía a nivel sectorial; el predominio de un enfoque correctivo en las soluciones planteadas para los problemas existentes y la ausencia de un enfoque integral para abordar los mismos.

1.3.1.- Marco legal sobre desechos peligrosos

Para enfrentar el manejo de los desechos peligrosos, se han realizado diferentes acciones que se mencionan a continuación:

La Ley 81 de Medio Ambiente de 1997 establece con respecto a los desechos peligrosos, que será obligatorio someter a la consideración del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), a fin de que se efectúe el proceso de evaluación de impacto ambiental correspondiente, los nuevos proyectos de obras o actividades que se relacionan en la ley, entre las que se incluyen las instalaciones destinadas al manejo, transporte, almacenamiento, tratamiento y disposición final de desechos peligrosos. Esto aparece debidamente establecido en la Resolución 77 de 1999 del CITMA que es el Reglamento para la realización del proceso de evaluación de impacto ambiental.

En el Capítulo IV de la Ley relacionado con los desechos peligrosos y radiactivos, se establece en el Artículo 153 que la importación de desechos peligrosos y radiactivos requiere de la previa y expresa autorización del CITMA que requerirá para su otorgamiento que la importación se realice en correspondencia con las recomendaciones internacionales y las regulaciones nacionales vigentes y se prevea su aplicación socialmente justificada.

Por su parte, el Artículo 154 manifiesta que el tráfico ilícito de desechos peligrosos será sancionado de conformidad con lo establecido en la legislación vigente.

Finalmente, el Artículo 155 plantea que corresponde al CITMA, en coordinación con los órganos y organismos competentes, establecer las normas relativas a la clasificación, manejo y exportación de los desechos peligrosos.

Lo que se establece en este capítulo queda debidamente implementado mediante la Resolución 87 de 1999 y su complementaria la Resolución 53 del 2000, ambas del CITMA.

La Resolución 87 establece las regulaciones para el ejercicio de las funciones de la Autoridad Nacional y Punto de Contacto del Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de Desechos Peligrosos y su Eliminación y otras Disposiciones para la gestión ambientalmente racional de estos desechos, ya que Cuba es Parte de este Convenio desde 1992.

En esta Resolución se establecen las definiciones de:

Almacenamiento: toda operación conducente al depósito transitorio de los desechos peligrosos y otros desechos, en condiciones que aseguren la protección al medio ambiente y a la salud humana;

Colector: el que tiene a su cargo la recolección de desechos peligrosos y otros desechos;

Desechos peligrosos: todas aquellas sustancias, materiales u objetos generados por cualquier actividad que, por sus características físicas, biológicas o químicas, puedan representar un peligro para el medio ambiente y la salud humana y que pertenecen a cualquiera de las categorías incluidas en el Anexo 1 de la presente Resolución que forma parte integrante de la misma, excepto en los casos en que no presente ninguna de las características que para esas sustancias, materiales u objetos se relacionan en el Anexo 3 de esta propia Resolución y que también forma parte integrante de la misma;

Disposición: acción de ubicación final de los desechos peligrosos y otros desechos;

Eliminación: toda operación conducente al cambio de las propiedades físicas, químicas y biológicas de los desechos peligrosos y otros desechos, a fin de procurar su inocuidad y que no incluye otras operaciones, tales como el reciclado y la reutilización;

Generador: toda persona cuya actividad produzca desechos peligrosos u otros desechos o, si esta persona es desconocida, la persona que esté en posesión de esos desechos y los controle;

Lugar o instalación aprobado: es el lugar o la instalación de eliminación previamente aprobado a tal efecto mediante la autorización correspondiente;

Manejo: la recolección, transportación y eliminación de los desechos peligrosos y otros desechos, incluida la vigilancia de los lugares de eliminación;

Manejo ambientalmente racional de los desechos peligrosos o de otros desechos: conjunto de medidas posibles para garantizar que los desechos peligrosos y otros desechos se manejen de manera que queden protegidos el medio ambiente y la salud humana, contra los efectos nocivos que puedan derivarse de tales desechos;

Movimiento transfronterizo: todo movimiento de desechos peligrosos o de otros desechos procedentes de una zona sometida a la jurisdicción nacional de un Estado y destinados a una zona sometida a la jurisdicción nacional de otro Estado, o a través de esta zona con otro destino, o a una zona no sometida a la jurisdicción nacional de ningún Estado, o a través de esta zona con otro destino, siempre que el movimiento afecte a dos Estados por lo menos;

Otros desechos: las sustancias u objetos a cuya eliminación se procede, se propone proceder o se está obligado a proceder y que pertenecen a cualquiera de las categorías enumeradas en el Anexo 2 de esta Resolución que forma parte integrante de la misma;

Recolección: la recogida, incluido el almacenamiento transitorio en un lugar o instalación aprobado, de desechos peligrosos y otros desechos, incluso los generados en pequeñas cantidades en el territorio nacional;

Transporte: el movimiento de los desechos peligrosos u otros desechos, desde el lugar en que son generados hasta su llegada a un lugar o instalación de eliminación o almacenamiento aprobado;

Transportista: toda persona natural o jurídica que ejecute el transporte de desechos peligrosos o de otros desechos.

La Resolución también establece en su Artículo 5 que las entidades generadoras procurarán la recuperación y el reciclaje ya sea por sus propios medios o a través de las entidades especializadas correspondientes.

En su Artículo 6 plantea que toda entidad estatal o privada, persona natural o jurídica, nacional o extranjera radicada en el territorio nacional que recoja, transporte, disponga, almacene, elimine o exporte desechos peligrosos, fuera del perímetro de la unidad generadora, deberá solicitar a la Autoridad Ambiental correspondiente: Centro de Inspección y Control Ambiental (CICA) o Delegaciones Territoriales del CITMA, un permiso general para la ejecución de la actividad en cuestión, cuyos términos y condiciones serán establecidos atendiendo a la actividad de que se trate y a las características de los desechos a fin de garantizar su manejo racional.

En el Artículo 9 se establece que las entidades que manejen desechos peligrosos dentro de su perímetro elaborarán planes de manejo que serán aprobados y controlado su cumplimiento por la Autoridad Ambiental competente.

En su Artículo 10 manifiesta que la Autoridad Ambiental competente controlará que los generadores tomen las medidas pertinentes destinadas a la utilización de los principios de Producción Más Limpia que reduzcan la generación de residuos.

Aunque aparece explícitamente el concepto de Producción Más Limpia, se considera que en el futuro deberá formularse de manera más precisa, estableciendo la obligatoriedad del empleo de la misma.

El Artículo 11 establece la obligatoriedad de tributar la información requerida para el inventario nacional anual de los desechos peligrosos generados. Su incumplimiento constituye una contravención ambiental, según el Decreto Ley 200 de 1999 de Contravenciones en materia de Medio Ambiente, en el que aparece un acápite dedicado a los desechos peligrosos, así como las sanciones correspondientes.

El Artículo 12 obliga a las instituciones y entidades que generen, transportan, almacenan o eliminan desechos peligrosos a informar a la Autoridad Ambiental competente acerca de cualquier accidente que ocurra durante la ejecución de sus actividades dentro de las 24 horas siguientes, reportando las características, magnitud y medidas adoptadas de inmediato.

En el Artículo 16 se prohíbe la importación de desechos peligrosos y otros desechos cuando el objetivo de la importación sea la disposición final de estos desechos.

Es importante señalar que en Cuba son considerados desechos peligrosos los que establece el Convenio de Basilea.

El control del cumplimiento de la legislación vigente se realiza fundamentalmente a través de las Inspecciones Ambientales Estatales que realizan los inspectores ambientales debidamente certificados por el CITMA, generalmente de conjunto con cuerpos de inspectores de otros organismos del Estado cubano.

Para el fortalecimiento de los recursos humanos se han impartido por el CICA, durante varios años cursos, conferencias y seminarios sobre el tema a profesionales del CITMA y de otros organismos.

Se han realizado también talleres nacionales de intercambio de experiencias.

Se ha participado en talleres internacionales, difundiendo posteriormente a nivel nacional las experiencias obtenidas en los mismos. Debe destacarse la amplia divulgación que a nivel nacional ha realizado el CICA de las Directrices Técnicas no vinculantes desarrolladas por el Convenio de Basilea para el manejo de diferentes tipos de desechos peligrosos y otros desechos, tales como: desechos derivados del desmantelamiento de barcos, desechos médicos, desechos de computadoras, desechos de Contaminantes Orgánicos Persistentes, aceites usados, neumáticos usados, plásticos, desechos de baterías de plomo y desechos de solventes orgánicos.

Igualmente, de las Directrices elaboradas sobre diferentes operaciones de eliminación y disposición final: incineración, tratamientos físico-químico y biológico y rellenos sanitarios

de seguridad. También, de las Directrices sobre características de peligrosidad: desechos infecciosos, ecotóxicos, etc.

Estas Directrices difundidas desde su etapa de elaboración, han permitido incrementar los conocimientos sobre el tema aún cuando no se dispongan en el país de las tecnologías que las mismas describen.

1.3.2.- Propuestas de soluciones a problemas específicos.

Se han creado grupos de trabajo multidisciplinario presididos generalmente por el CITMA con la participación de los organismos que son principales generadores, para enfrentar la solución de los problemas más urgentes. Pueden citarse los siguientes:

1. Recolección y uso de aceites usados.

Como se mencionó anteriormente, este es uno de los principales desechos generados en Cuba, no contando actualmente con tecnologías para regenerarlos y refinarlos para su utilización nuevamente. Esta alternativa no se descarta en un futuro.

El trabajo de este grupo permitió establecer un conjunto de indicaciones metodológicas para la tramitación y aprobación de los permisos para la recolección y el uso de aceites usados, así como definir los usos posibles para el mismo.

Dichas indicaciones establecen su uso como combustible, autorizando la incineración de los aceites usados en los hornos de clinker de las fábricas de cemento, los de las fábricas de vidrio u otros, en los que se alcancen temperaturas superiores a los 1000 ° C.

El Monitoreo óptimo que deben realizar las entidades que incinerarán los aceites usados, debe incluir:

- Los parámetros de combustión de forma continua: opacidad, CO, HC totales, Temperatura y O₂
- Con frecuencia al menos mensual: HCL, CO₂, NO_x y SO₂
- Periódicamente: dioxinas y furanos y metales pesados.

Estos monitoreos se deben iniciar al menos 6 meses antes de comenzar la incineración de los aceites para tener una línea base y deben mantenerse durante un año después de iniciada la incineración de los mismos. Sus resultados serán presentados al CICA para su análisis y evaluación con vistas a adoptar las posibles medidas correctoras de impactos negativos que se detecten y para el rediseño de los parámetros y frecuencia de

muestreo, en función de los resultados obtenidos, con vista a optimizar los recursos. Lo antes referido, no excluye la posibilidad de que se haga un análisis de cada caso y se apruebe un monitoreo más flexible, por parte de la Autoridad Ambiental.

2. Incineración de desechos peligrosos provenientes de hospitales y de otras instalaciones de salud.

Se realizó un intenso trabajo de análisis de ofertas y evaluación que permitió arribar a la propuesta realizada que se encuentra en ejecución. Dicha propuesta establece el sistema de recolección, transportación, tratamiento y disposición final que recibirán estos desechos, comenzando su implementación en la capital y se extenderá en un futuro a todo el país. El financiamiento requerido ha sido aportado por el estado cubano.

3. Tratamiento y disposición final de medicamentos vencidos.

En el país existe una situación complicada con el manejo de los desechos compuestos por medicamentos u otros generados por la atención médica, debido a la carencia de instalaciones adecuadas para su tratamiento y disposición.

Muchos desechos de medicamentos y de productos químicos utilizados en la asistencia médica, así como de los generados por la industria médico farmacéutica, son peligrosos, es decir, pueden ser tóxicos, corrosivos, inflamables, explosivos, citotóxicos y genotóxicos.

Los desinfectantes constituyen un grupo especialmente importante de sustancias químicas peligrosas, ya que se utilizan en grandes cantidades y suelen ser corrosivos.

El grupo de trabajo presidido por el CICA elaboró lineamientos de trabajo que adaptan lo establecido en las Directrices Técnicas del Convenio de Basilea a las posibilidades reales del país, con vistas a ir resolviendo de una manera adecuada los problemas que se han ido acumulando, lo cual no significa renunciar a adoptar las mejores soluciones que se establecen en las mencionadas directrices, cuando sea posible.

En la esfera internacional, Cuba ha defendido sistemáticamente en todos los foros ambientales el principio del derecho que nos asiste a los países en desarrollo de contar con los recursos financieros, técnicos y humanos necesarios para resolver los problemas que ocasiona el manejo inadecuado de los desechos peligrosos, recalcando que la mayor parte de los recursos financieros y técnicos deben provenir de los países desarrollados.

Dentro de las acciones futuras a desarrollar por el país para la minimización de los residuos peligrosos se encuentran:

1. Continuar fortaleciendo el **Marco Legal**:

Aunque el marco legal existente ha sido efectivo, se considera que la elaboración de una norma jurídica de mayor rango que integre todos los elementos asociados al manejo de desechos peligrosos incluyendo la prevención de posibles desastres considerando los elementos de riesgo debidos a diversos factores, tales como los fenómenos naturales y otros, es conveniente. Se considera que debe ser un Decreto Ley.

2. Potenciar el empleo de los **principios de la Producción Más Limpia**:

Aunque en el país se ha avanzado en este sentido, se debe incrementar lo realizado, lo que permitirá minimizar la generación de desechos peligrosos. Debe destacarse el papel fundamental que la capacitación debe jugar en este empeño.

3. Proponer e **implementar soluciones específicas** para el manejo de baterías de plomo, mediante la creación de un grupo de trabajo.

4. Continuar **realizando acciones para lograr sustituir la tecnología actual** con celdas electrolíticas con cátodo de mercurio de la Planta Cloro Sosa ubicada en Villa Clara.

Ya se ha emprendido por parte de dicha empresa, el análisis de factibilidad económica y la búsqueda de opciones tecnológicas.

5. Continuar **defendiendo en la arena internacional**, la necesidad de que se garantice para los países en desarrollo, el acceso a recursos financieros para la transferencia de tecnologías idóneas hacia nuestros países o para la realización de operaciones de eliminación en otros países, lo que permitirá resolver los viejos problemas acumulados. Dicho en otras palabras: hacer que aquellos que son los mayores generadores de desechos peligrosos y que en el pasado y aún hoy los transfieren hacia los países en desarrollo, al menos transfieran en condiciones favorables para nuestros países, las tecnologías idóneas para su eliminación.

Solo con la solución de los problemas acumulados y la prevención de nuevos problemas que impacten negativamente el medio ambiente, sin que ello implique renunciar a desarrollarnos, podremos hacer que la sostenibilidad no sea una bella quimera.

1.4.- Conclusiones Parciales del Capítulo 1

De los análisis bibliográficos realizados sobre los temas tratados en este capítulo se han arribado a las conclusiones siguientes:

- Muchas actividades productivas o de servicios son generadoras de residuos peligrosos, se estima que más 400 millones de toneladas al año de la cual el 90% se corresponde a los países industrializados aunque estos dan una rápida respuesta, con las transnacionales muchos de estos residuos se han trasladado a los países del tercer mundo.
- En Cuba se genera más de un millón de toneladas anuales, pero pese a la carencia de tecnologías adecuadas y limitaciones de carácter económico, la voluntad política y la integración de esfuerzos de todos los actores involucrados se están realizando un conjunto de acciones destinadas a manejar adecuadamente los desechos peligrosos que genera.
- La logística inversa ha irrumpido con gran fuerza en los últimos años en las esferas científica, técnica y académica, con un doble objetivo final: intentar obtener el máximo valor posible de los productos retornados y minimizar de forma clara el potencial impacto ambiental de la eliminación de residuos.
- El destino final de los residuos debe determinarse de tal forma que se maximice, en sentido amplio, la rentabilidad que del mismo se pueda obtener, o en caso contrario, que minimice el impacto social y ambiental que genere.
- Esta logística tiene como objetivos el proceso de planificar, implementar y controlar eficientemente el flujo de productos y la información relacionada con los residuos, desde el punto de consumo hacia el punto de origen, con el propósito de recuperar valor o asegurar su correcta eliminación.
- El diseño de estrategias de logística inversa y las consideraciones sobre el impacto ambiental de la eliminación y el reciclaje de los productos al final de su vida útil dan lugar a un cambio en los criterios del diseño y en los procesos industriales.
- Para la disposición final de los desechos peligrosos, uno de los métodos más utilizados es el de confinamiento para minimizar la liberación de contaminantes al medio ambiente y el daño a la sociedad.



Capitulum 2



Capítulo 2: Aspectos generales sobre el Proyecto Confinatorio y sus necesidades.

2.- Introducción

En este capítulo se realiza una descripción del Proyecto Confinatorio, sus antecedentes, generalidades, partes y áreas que integran un confinamiento de residuos peligrosos, premisas y objetivos. Además se realiza un análisis de los procedimientos utilizados en otros países y en Cuba. Se realiza una descripción de cada una de las etapas del procedimiento propuesto y sus herramientas para implementarlo.

2.1.- Antecedentes del Proyecto Confinatorio de Residuos Peligrosos

Por el incremento en la acumulación de desechos y productos peligrosos caducados y ociosos, el antiguo MINBAS comenzó la búsqueda de una solución al problema a nivel nacional. En el 2004 se trabajó en dos proyectos liderados por la Unión Eléctrica y la participación de diferentes organismos y entidades del país titulados "*Delfín*" y "*Girasol*". Estos proyectos estuvieron dirigidos en un caso a determinar las tecnologías y factibilidad, del procesamiento, conservación, recuperación y reciclado de los desechos y productos químicos, farmacéuticos y patogénicos peligrosos, y en otro a la creación de un centro para el almacenamiento, procesamiento, conservación prolongada, recuperación y reciclado de los desechos y productos químicos, farmacéuticos y patogénicos peligrosos, ambos proyectos empleando las edificaciones disponibles de la Central Electronuclear de Juraguá, provincia de Cienfuegos.

Fundamentalmente por razones económicas, no fue posible en los 7 años que han transcurrido materializar el proyecto, empleando las edificaciones de la ex CEN de Juraguá como confinatorio.

A finales del año 2010 se decidió que el Grupo Empresarial de la Industria Química (GEIQ) se hiciera cargo de impulsar el Proyecto de Confinamiento de Desechos Peligrosos a escala nacional y esta entidad designó a la Empresa SERVIQUÍMICA como responsable del mismo. A su vez en el cuarto trimestre del 2011 contrató al CIIQ para realizar un "Estudio de Organización de la Etapa Preinversión del Proyecto Confinatorio", más tarde solicitó al CIIQ los Estudios Técnicos Económicos de la Inversión incluyendo la Tecnología y Proyectos.

Debido a las características tóxicas y en general peligrosas, de los productos a confinar fue necesaria que SERVIQUIMICA contratara al Centro de Ingeniería y Manejo Ambiental de Bahías y Costas (CIMAB), entidad certificada para este tipo de trabajos y recomendada por CICA (CITMA) para que estudiara y recomendara técnicamente el manejo de las sustancias peligrosas seleccionadas.

2.2.- Generalidades del Proyecto Confinatorio.

La disposición final (confinamiento) es el proceso de aislar y confinar, los desechos y productos químicos peligrosos caducados u ociosos, en forma definitiva en lugares especiales, seleccionados y diseñados y debidamente autorizados para evitar la contaminación y daños a la salud humana y al ambiente.

Para caracterizar un desecho peligroso es necesario conocer su toxicidad, reactividad, corrosividad e inflamabilidad pues desde el punto de vista práctico, hay demasiados compuestos, productos y combinaciones de productos.

Con esta información se puede evaluar los efectos sobre la salud humana, la vida en la tierra, ríos, mares y ambiente en general, lo que permite determinar un mejor método de manejo, almacenamiento y disposición de los mismos.

Como resultado de lo anterior, se debe identificar los sitios y crear las instalaciones aceptables para la eliminación o confinamiento de tales desechos.

2.3.- Descripción del Proyecto de Confinatorio de Residuos Peligrosos en la exCEN

La Empresa SERVIQUÍMICA del antiguo MINBAS solicita un área para Confinatorio de Desechos Peligrosos en la Provincia de Cienfuegos, en las instalaciones que iban a conformar la Central Electronuclear. A nivel nacional se evaluaron tres variantes para el Confinatorio: Las Tunas, el macizo del Escambray y la ex CEN, considerándose esta última como la de mejores condiciones.

La generación de desechos peligrosos a nivel mundial continúa siendo una problemática en crecimiento, de la que nuestro país no está exento. En Cuba existe un gran volumen de desechos peligrosos que se generan en las industrias, laboratorios, instituciones de la salud y científico-técnicos, en entidades de servicio y otros. Estos se encuentran distribuidos por todo el territorio, cercanos a ecosistemas, asentamientos poblacionales y otras zonas vulnerables constituyendo un gran riesgo de contaminación.

La solución definitiva, que incluye el tratamiento y disposición final no está resuelta, siendo el almacenamiento en condiciones seguras y factibles una de las variantes consideradas.

La exCEN se encuentra en total estado de abandono siendo necesario realizar primero una limpieza completa de todas las áreas que se encuentran ocupadas por escombros y diferentes tipos de desperdicios, para después poder ejecutar la rehabilitación y acondicionamiento y así realizar los depósitos con seguridad y eficiencia.

El Plan de Ordenamiento Territorial y Urbano del Municipio de Cienfuegos elaborado en el año 2001 y aprobado por el Acuerdo número 8 del CAP, en proceso de autorización y en el Plan de Ordenamiento Petroquímico aprobado en Reunión Nacional de Acuerdos en diciembre del 2009, destinan esta área para el uso industrial, ya que las instalaciones que se utilizarán se construyeron inicialmente para una central electronuclear.

La zona se localiza en el Municipio de Cienfuegos, a 3.0km al oeste del Asentamiento Urbano Castillo de Jagua, en las instalaciones que conformaban la CEN. Presenta un relieve de terraza marina con una altimetría de 15.0 a 20,0 m sobre el nivel medio del mar. Las pendientes poco inclinadas de 0.3%. Es una zona muy poco diseccionada siendo el escurrimiento superficial de forma laminar hacia la costa. La Geología representada por la Formación Guines carbonatada y terrígena carbonatada ya ha sido tratada en la construcción y por lo tanto tiene excelente resistencia mecánica. El suelo y la vegetación original sustituidos por la urbanización. El clima del territorio es Tropical semi-húmedo de zonas costeras con dos estaciones bien definidas, una lluviosa (Mayo- Octubre) y otra seca (Noviembre- Abril), que se corresponde con los dos períodos térmicos.

Se rehabilitarán tres edificaciones de la antigua CEN como son el Reactor Nro.1, el Edificio Especial y el Edificio Socio-administrativo. Ello incluirá la limpieza completa de todas las áreas, que se encuentran ocupadas por escombros y diferentes tipos de desperdicios. Rehabilitación (eléctrica, ventanas, puertas, ascensores, escaleras, etc.) del reactor, del edificio especial y del edificio socio administrativo. Suministro de energía eléctrica yagua. Restitución de accesos. Remodelación de locales y áreas para la manipulación y confinamiento según características del surtido a confinar. Instalación de equipamiento (módulos de estantería, de carga fraccionada según los envases), bombas, tanques, sistemas de ventilación, etc, para la conservación de los desechos y productos

caducados. Sistema de protección física (cercado perimetral) del área designada con garita de control de acceso y alarmas. Sistema de protección contra incendios. Aterramiento y pararrayos. Transporte y medios de izaje y manipulación para la brigada de carga, manipulación y acarreo de los desechos peligrosos y los productos químicos caducados. Almacenaje de envases y medios de protección y reserva de los mismos para un período de operación adecuado. Medios de trabajo (muebles, archivos e informática, bancos de trabajo, estanques de herramientas, herramientas para trabajos de mecánica y eléctrica) para el personal de mantenimiento, técnico y de oficina.

2.3.1- Partes y áreas que integran un confinamiento de residuos peligrosos.

Una vez seleccionado y autorizado el lugar adecuado para el confinamiento, el siguiente paso es la ejecución del proyecto educativo, el cual consiste en presentar a nivel de detalle los estudios preliminares descritos anteriormente.

Accesos

El camino de acceso que une el sitio con las vías principales de comunicación debe ser transitable todo el tiempo con un ancho de 8.00 m como mínimo y estar en buenas condiciones de seguridad. El sitio debe localizarse a una distancia no menor de 500 metros de las vías de comunicación federal o estatal.

Área de espera

Deberá contar con el espacio suficiente para el estacionamiento de los vehículos que transporten residuos peligrosos y requieran esperar su turno.

Área de residuo

Esta área está destinada a recibir el manifiesto enviado por la industria generadora del residuo; así como, para pesar la cantidad de material que se va a confinar.

Caminos

Los caminos serán de dos tipos, exteriores e interiores. Los caminos exteriores deben ser del tipo permanente, para garantizar el tránsito a todo tipo de vehículo que acuda al confinamiento en cualquier época.

Si por algún motivo, ya sea por requerimientos de carga, de diseño y volumen de tránsito de los camiones, se hace necesaria la colocación de una carpeta asfáltica, esta superficie

deberá estar definida por el trazo del camino incluyendo cortes y terraplenes, misma que definirá la subrasante. Para recibir la carpeta se deberá construir lo siguiente:

- Una sub-base con un espesor mínimo de 12 cms formada de material neutral, ya sea producto de la excavación ó explotación de bancos de materiales.
- Una base con espesor de 12 cms de grava controlada y arena compactada al 95% mínimo.

A su vez los caminos interiores deben facilitar la doble circulación de vehículos que transporten los residuos peligrosos, ser de tipo temporal o permanente y suficiente en número para dar acceso a la celda de operación.

Cerca perimetral y de seguridad

La cerca perimetral del confinamiento deberá construirse con alambre de púas de 5 hilos de 1.50 m de alto a partir del nivel del suelo.

La cerca de seguridad para zonas restringidas del confinamiento deberán ser de malla tipo ciclónica de 5 cm de separación, soportada con postes de tubos galvanizados de dos pulgadas de diámetro, colocadas a una separación máxima de tres metros entre si y con una altura mínima de 2.50 m.

Área de control administrativo

Se propone un pequeño centro de control administrativo, a la entrada de la planta de confinamiento. Este edificio, contendrá las oficinas correspondientes a gerencia, contabilidad y control de documentación.

Todos los archivos, registro, y reportes de operación se mantendrán en esta oficina.

Laboratorio

El laboratorio, tendrá capacidad para pruebas de identificación simples; su principal función, es la de vigilar que los residuos que se reciben no contengan sustancias no compatibles, tales como solventes, que pudiesen dañar las membranas de polietileno.

Por lo que deberá contar con los dispositivos y equipo necesario para la toma de muestreos, verificar la composición y características de peligrosidad de los residuos así como para realizar los análisis de lixiviados y pruebas de campo.

Para los fines de diseño y construcción del laboratorio se deben reunir las siguientes condiciones:

- Localizarse fuera del área administrativa y de las celdas de confinamiento.
- Contar con extracción de aire.
- Iluminación a prueba de explosión.
- Pisos antiderrapantes y sellados.
- Mesa de trabajo con instalación eléctrica.
- Materiales de construcción no inflamables.
- Tarja de acero inoxidable.
- Tanque de resección de agua para lavado de equipos.
- Regadera de emergencia.
- Lavaojos.
- Cuarto de albergue de gases para análisis.
- Múltiple con cinturón para sujeción de cilindros.
- Estantería para el almacenamiento de reactivos.
- Campana de extracción con flujo luminar.
- Área de instrumentos.

Área de almacenamiento

La función de este almacén será temporal, ya que se almacenaran los residuos antes de pasar al área de confinamiento, cuando sea necesario el tratamiento previo o no haya celda disponible.

Esta área deberá contar con una capacidad mínima de 7 veces el volumen promedio de residuos peligrosos que diariamente se reciben y estibar como máximo tres recipientes de 200 litros, así como contar con los compartimientos suficientes para la separación de los residuos, según sus características de incompatibilidad y estar techada con material no inflamable y contar con equipo contra incendios.

Área de limpieza

Está destinada para el aseo de vehículos de transporte, equipos y materiales utilizados en la operación del confinamiento. Para su diseño y construcción se deben tener en cuenta las siguientes condiciones:

- Estar ubicadas cerca de las áreas de confinamiento y lejos del área administrativa.
- Contar con iluminación suficiente.
- Estar dotada con equipo de agua y aire a presión.
- Tener pisos con acabado rugoso y juntas estructurales debidamente selladas a la losa de desplante.
- Tener instaladas en los pisos canaletas y rejillas con pendiente de un 2% para conducir los líquidos a un depósito con capacidad suficiente para captar los líquidos que se generen.

2.3.2.- Premisas y objetivos del proyecto Confinatorio

El proyecto de la creación de un confinatorio se fundamenta en las siguientes premisas:

- Instalación del Confinatorio en el Edificio de la exCEN(Especial, Administrativo y del Reactor).
- Inventario de desechos, productos caducados y ociosos realizado por el CITMA en el año 2009.
- Selección de los productos a confinar por su situación, volumen, importancia en afectaciones al hombre y al medio ambiente, según acuerdo del GEIQ, antiguo MINBAS y CITMA.
- Limitar el trabajo a la transportación, envase y confinamiento seguro de los productos seleccionados sin analizar tecnologías para la recuperación, concentración o neutralización de los desechos y productos peligrosos caducados u ociosos.
- Debido a la inexistencia de planos constructivos reales y precisar los locales aptos para el confinamiento, del edificio Especial y del Reactor, el estudio propone una tecnología general aplicable a la manipulación, transportación y confinamiento, que solo será precisada, una vez que se creen las condiciones necesarias para que el CIIQ realice los levantamientos de ambas edificaciones.
- Propuesta de medidas de seguridad en el transporte, manipulación, señalización y confinamiento fundamentada en las incompatibilidades de las sustancias seleccionadas, las posibilidades de los edificios de la exCEN y las normas nacionales e internacionales.

Además este proyecto persigue dentro de sus principales objetivos los siguientes:

- Precisión de los productos a confinar. Características de los desechos, componentes primarios, contaminantes.

- Definición de los volúmenes de desechos a confinar, ubicación, estado de conservación y almacenamiento.
- Tecnología de reenvase en los sitios actuales de almacenamiento y en el Confinatorio
- Tecnologías de transportación y manipulación segura de los desechos, equipamiento principal necesario, inversiones imprescindibles en el sitio para su manipulación, carga y traslado.
- Características y métodos de confinamiento para cada tipo de desecho y productos químicos peligrosos, ociosos y caducados.
- Propuesta de locales y niveles del reactor de la exCEN a utilizar, por tipo de desecho, como confinamiento en la primera etapa de operación (hasta confinar los desechos y productos ociosos y caducados seleccionados acumulados en el país hasta el presente).
- Servir de base al Proyecto Tecnológico y Constructivo y al Estudio Técnico Económico de la inversión.

Los tipo de desechos, productos químicos peligrosos ociosos y caducados seleccionados, objetos del Estudio son los siguientes:

1. Fluidos dieléctricos con contenido de azcaréles (PCB).
2. Solución residual con contenido de arsénico.
3. Lodos galvánicos
4. Tubos de Rayos Catódicos con contenido de Plomo
5. Desechos de cianuros
6. Productos químicos peligrosos ociosos y caducados con contenido de plomo, cianuros, vanadio, estroncio, cadmio. Cromo, mercurio y arsénico.
7. Vanadio. Pentóxido de vanadio y otros productos con vanadio.
8. Desechos de lámparas de mercurio.
9. Rellenos de cerámica contaminados con arsénico.

Es de destacar que en el presente estudio se trabaja con los inventarios de las principales entidades que generan los mayores desechos y consumen productos químicos en el país (antiguo MINBAS, MINEM, MINAGRI, MINAL, MINFAR, MININT, MINSAP, MINCIN, MITRANS, CITMA), pero no están incluidos organismos que también operan con productos químicos peligrosos como son el MES, AZCUBA, MED y entidades

de la pesca y otros, por tanto es necesario realizar en el 2013 una actualización del Inventario Nacional por su incidencia en el proyecto del Confinatorio.

El problema de grandes y voluminosos equipos tecnológicos contaminados con arsénico, en las desactivadas plantas de Sulfometales y de amoníaco de Cienfuegos y Matanzas por sus características no pueden ser confinados en la exCEN y su solución final es responsabilidad de las empresas propietarias.

El Estudio tiene como propósito establecer los modos seguros y eficaces para operar a nivel nacional un Confinatorio en Cienfuegos, en las instalaciones de la exCEN, garantizando la conservación segura de desechos, productos químicos caducados y ociosos peligrosos seleccionados, existentes en el país y se generen en los próximos años, eliminando las acumulaciones y evitando la contaminación del medio ambiente y afectaciones a la salud de la población.

Para cada producto se realizará un Estudio de Tecnologías independiente y cada uno de ellos elaborará y desarrollará el siguiente contenido:

- ❖ Definición del problema. Volúmenes actuales e incrementos previstos para los próximos años.
- ❖ Caracterización y toxicidad del producto.
- ❖ Condiciones exigidas de seguridad y protección del local o nicho de confinamiento incluyendo (si fuese necesario) “medios de almacenamiento”.
- ❖ Condiciones comprobadas (buena, regular o mala) de conservación y almacenamiento (por cada sitio existente) explicando la puntuación propuesta.
- ❖ Cantidades del producto por sitio, provincia y empresa o entidad (denominación y dirección exacta).
- ❖ Incompatibilidades del producto.
- ❖ Sistemas de protección del personal.
- ❖ Esquema tecnológico propuesto para la manipulación en los sitios de conservación y almacenaje, envase, transportación y confinamiento. Seguridad y comunicaciones.
- ❖ Personal y calificación de los mismos (de un equipo o grupo de trabajo)
- ❖ En los casos necesarios sistema de tratamiento necesario y conveniente para viabilizar el confinamiento (trituration, compactación u otros).

- ❖ Características (dimensiones, materiales, sistemas de tapado, hermeticidad y cierre) de los envases (contenedores) que se utilizarían para las operaciones propuestas. Cantidades necesarias para la operación de un grupo de trabajo en un año).
- ❖ Equipamiento tecnológico necesario para las operaciones (transporte, envase, carga, tratamiento si fuese necesario, etc.)
- ❖ Equipamiento de seguridad necesario para la proyección del personal en las operaciones de carga, manipulación, transporte, tratamiento. Trajes protectores, calzado, guantes, sistemas de suministro de aire, filtros, botiquín de primeros auxilios.
- ❖ Descripción de los equipos y medios, características generales, capacidades, fabricantes, precios indicativos de cada uno de todos los equipos propuestos.
- ❖ Condiciones logísticas y legales de operación necesarias para cada embarque y transportación según las normas y reglamentos nacionales e internacionales.
- ❖ Análisis necesarios para confirmar las características de los productos. Procedimientos analíticos recomendados, frecuencia de análisis en cada uno de los sitios actuales de almacenaje.

2.4.- Procesos de Gestión Logística de Residuos o Desechos Peligrosos.

2.4.1.- Análisis de los procedimientos Existentes.

En el análisis de los procedimientos, metodologías, guías o planes de manejo integral de residuos peligrosos, se revisaron 15 ejemplos y propuestas, algunas nacionales otras internacionales, que desde el Convenio de Basilea (1989) han surgido por la necesidad de disminuir la generación y existencia de estas sustancias que pueden agredir al medio ambiente y al ser humano.

No.	Procedimiento, metodología, guía o Plan de Manejo	País y autores
1	Convenio Europeo sobre el control de los movimientos transfronterizos de residuos peligrosos y su eliminación.	Convenio de Basilea 1989. Entró en vigor en 1994.
2	Plan de Manejo de Residuos Peligrosos en Chile.	Proyecto de Colaboración CONAMA/GTZ Gobierno de Chile y Alemania. 2005
3	Metodología de diseño de la cadena de Suministro Inversa.	Tesis de Doctorado Ing. Francis Hevia Lanier

		LA HABANA. 2008
4	Plan de Manejo de Residuos Peligrosos en la Universidad de Concepción de Colombia	Universidad de Concepción, Colombia. 2009
5	Plan de Gestión Integral de Residuos Peligrosos de la Universidad de Caldas	Universidad de Caldas, Colombia. 2013
6	Procedimiento General de Residuos Peligrosos	Instituto Tecnológico de Minatitlán. México. 2011
7	Instructivo de trabajo ambiental para la gestión de residuos peligrosos generados en CORPAC S.A.	CORPAC S.A. Lima. Perú. 2008
8	Procedimiento: Gestión Integral de Residuos Peligrosos en los Laboratorios	Universidad de Burgos. México
9	Manual de Gestión de Residuos Peligrosos de la Universidad Complutense de Madrid (MGRP)	Universidad Complutense de Madrid
10	Procedimiento: Gestión Integral de Residuos Peligrosos en los Laboratorios	Universidad Nacional de Colombia
11	Metodología para el confinamiento de sustancias peligrosas	Proyecto de curso de Araelvis Solano Torres. 2014
12	Propuesta de sistema de logística inversa para el sector hospitalario: un enfoque teórico y práctico en Colombia	Rodrigo A. Gómez Montoya Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. 2014
13	Lineamientos Técnicos para el Manejo de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Colombia. 2010
14	Guía para la Gestión Integral de Residuos Peligrosos. Fundamentos. Tomo I y Fichas Temáticas. Tomo II.	Centro Coordinador del Convenio de Basilea para América Latina y el Caribe. 2005
15	Plan de Gestión Integral de Residuos Peligrosos. 2012 - 2016	Centro Administrativo Distrital. Bogotá Colombia. 2012

En la gran mayoría de estos procedimientos, metodologías, guías o planes de manejo integral de residuos peligrosos que se han consultado se definen con claridad los

objetivos para tener bajo control y seguimiento la generación y surgimiento de aquellos desechos que pueden en un momento dado atentar contra la salud del ser humano y del ambiente donde se desarrolla.

Además todos de una forma u otra establecen un conjunto de pasos, o etapas, a ejecutar para lograr alcanzar dichos objetivos, dadas las condiciones actuales para las cuales fueron previstos.

Según el Convenio de Basilea las Bases fundamentales para la elaboración e implementación de cualquier Plan de Gestión de Residuos Peligrosos se deben considerar los tópicos siguientes: (Convenio Basilea)

1. Desarrollo de Planes y Programas
2. Bases para la reglamentación de residuos peligrosos
3. Vigilancia, control y seguimiento
4. Indicadores de gestión
5. Instalación de infraestructura adecuada para la gestión
6. Participación ciudadana y aspectos sociales
7. Ordenamiento territorial

Plan de Manejo de Residuos Peligrosos desarrollado en Chile por el Proyecto de Colaboración CONAMA/GTZ Gobierno de Chile y Alemania fue creado para el control de los desechos o residuos peligrosos empezando en las empresas generadoras de estos. Con el objetivo de análisis los procesos productivos donde se generan para buscar soluciones que disminuyan su creación y lograr una involucración de sus productores en el plan de manejo de sus residuos. (Proyecto Chile)

En Cuba se analizó una propuesta de una tesis de doctorado donde se presenta el diseño de una cadena de suministro para gestionar residuos que pudiera ser aplicado a cualquier empresa cubana, además sugiere las herramientas a emplear para cada una de las etapas del procedimiento propuesto. (Tesis de Doctorado)

En la etapa de **diagnóstico** se analiza la **situación actual de la entidad, las pérdidas, los residuos, desechos, las entradas al sistema**. Además propone la evaluación del impacto ambiental utilizando como herramientas las **listas de chequeo y el Método ABC**.

En la etapa dos se analizan las **fuentes de generación** para ello se debe realizar un análisis de las **fuentes de emisión y los volúmenes que se generan**, de los **clientes potenciales** y cuales son todas las alternativas a analizar para pasar a la etapa siguiente, es un tiempo de recopilación de información a través de registros fundamentalmente y

evalúa qué impacto genera dicha fuente al medio ambiente para determinar forma de almacenamiento y recepción.

En la etapa tres se **Clasifican los residuos**: En esta fase se evalúa el residuo teniendo en cuenta diferentes criterios.

En la etapa cuatro se realiza la **Identificación de la estrategia a seguir**: Se determina cuál es la estrategia en cuanto al **tratamiento** que debe seguir el residuo o desecho, es decir, con un grupo de especialistas y consultando todas las **normativas existentes** que rigen en el país y a nivel internacional, y haciendo un **análisis de los costos que genera dicha decisión** se propone sí **reciclar, reutilizar, canibalizar, restaurar entre otras alternativas**, ya sea utilizando la propia entidad o con servicios de terceros.

En la etapa cinco se realiza la **Determinación del tratamiento o destino**: Una vez identificada la estrategia a seguir se realiza el **tratamiento decidido o se pasa al destino final**.

La etapa seis es la de **Transporte y Almacenamiento**: Las operaciones de recogida y transporte de los residuos **representan entre el 60 y el 80% de los costos globales**, y tiene, en consecuencia, una gran importancia económica. En estas operaciones confluyen un conjunto de parámetros como la **frecuencia de la recogida, los horarios de la misma, los equipos y el personal de recogida**.

En esta fase es de vital importancia determinar las **rutas de recogida**, frecuencia de recogida, **condiciones de transportación** y determinar la alternativa o alternativas más económicas teniendo en cuenta los costos asociados a dicha gestión.

La frecuencia de recogida depende del tipo de residuo y de la magnitud de generación de entidad, los horarios son establecidos a conveniencia y por acuerdo de los centros involucrados, pero siempre fuera del horario de trabajo o sin interferir en el funcionamiento de la entidad con los equipos y personal especializados para evitar contaminación.

La etapa siete es la de **Medición y Control**: Esta última etapa es de gran importancia ya que permite tener un **control riguroso en cada una de las etapas**, evaluar las mismas a través de **indicadores** y plantear diferentes **alternativas de solución** en cada momento. Este procedimiento tiene también como ventaja que ha sido utilizado en distintas organizaciones cubanas como son el Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (ISPJAE), la Unión de Empresas de Recuperación de Materias Primas (ERMP) y Almacenes Universales, S.A (AUSA).

Dentro de las principales desventajas identificadas en este procedimiento se encuentra que no se exige de un análisis de los incrementos previstos anuales de residuos, no se pide una segregación o separación de los mismos en los almacenes o a la hora de ser trasladados de acuerdo a sus incompatibilidades, ni se plantea nada con respecto a etiquetado, señalizaciones, medios de manipulación, plan de capacitación, plan de contingencia, envasado, medios de protección, manifiestos de carga, inspecciones, no se mencionan los sistemas de seguridad del residuo al estar almacenado, debieron explicar todos los tratamientos posibles, además de diseñar un plan para sí la empresa desee exportar el residuo, se pueden poner más indicadores. Dentro de las estrategias de tratamiento posible no conciben el Confinamiento de los residuos como una alternativa de solución viable para algunos desechos dadas sus características que no permiten ser tratados o destruidos.

Del resto de los ejemplos y experiencias analizadas tampoco se identificaron ninguna que pudiera adaptar o adecuarse las condiciones del proyecto de Confinatorio que se ha explicado en epígrafes anteriores.

Por tal razón se propone establecer o diseñar un procedimiento nuevo para lograr la gestión integral de todos los residuos peligrosos identificados en el país para ser confinados y establecer la estrategia de tratamiento final.

2.5.- Procedimiento para la Gestión Logística de Residuos Peligrosos en Cuba.

La creación de un procedimiento para la gestión logística de los residuos peligrosos existentes en Cuba radica en la necesidad de tener bajo un sistema de control certificado y consolidado todos aquellas sustancias que puedan representar algún peligro o daño al medio ambiente.

Como se ha mencionado anteriormente en el país se han cuantificado más de un millón de toneladas de residuos peligrosos que se encuentran diseminados por muchas empresas localizadas en todo el territorio nacional, dadas las características de los procedimientos analizados anteriormente ninguno se adapta a las condiciones y necesidades actuales de dicho proyecto. Por ello se propone diseñar un procedimiento adaptado a las condiciones y necesidades actuales del país, el cual cuenta con las etapas y pasos siguientes que se muestran en la **Figura 2.1**.

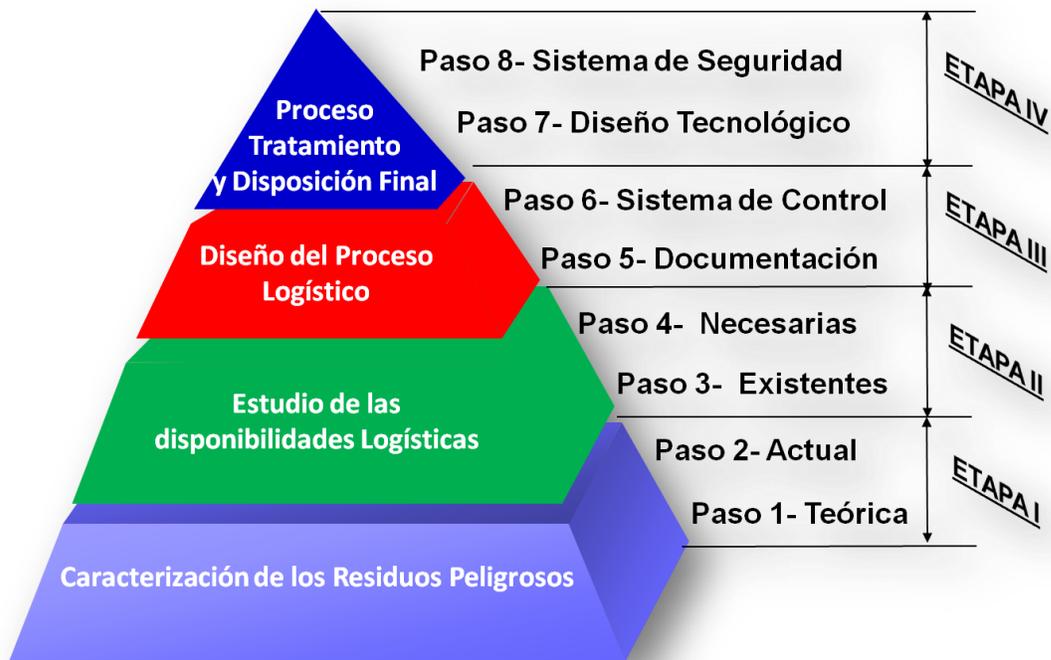


Figura 2.1: Procedimiento diseñado para la recolección de los Residuos peligrosos en Cuba. **Fuente:** Elaboración propia

Para el desarrollo de este procedimiento o metodología se deben conocer y estudiar un conjunto de procedimientos, métodos y herramientas, las cuales se irán mencionando y describiendo en cada etapa y paso propuesto según se necesite

2.5.1.- Etapa I: Caracterización de los Residuos.

Esta etapa consiste en la identificación de las características generales del residuo, considerando las características teóricas y actuales del residuo, a través de los pasos siguientes:

➤ **Paso 1-Caracterización Teórica:**

En este paso se deben definir las características y propiedades fundamentales del residuo. Para su desarrollo deben conocerse las deficiones establecidas en las distintas regulaciones y normas, como es el ejemplo del Convenio de Basilea para la clasificación y señalización de los residuos, así como las resoluciones establecidas para nuestro país. **(Ver Anexo 1 y 2 de Clasificación)**

Para lograr definir todas las características del residuo además de revisar toda la documentación que regula y norma su tratamiento, se propone la creación de una Ficha Informativa del Residuo, en la cual se agrupen todos los aspectos y elementos que se

necesitan conocer de dicha sustancia, así como aquellas informaciones que faciliten las operaciones de manipulación y medidas de seguridad para proteger la salud de los trabajadores y de la sociedad. **(Ver Anexo 6 de Ficha del Residuo Peligroso)**

Dentro de las características y aspectos más relevantes de la ficha informativa propuesta para el residuo se encuentran las siguientes:

1.	Nombre del Residuo: Se refiere al nombre oficial del residuo mediante el cual es reconocido a nivel internacional. Se pueden colocar otros nombres con los cuales se reconoce el residuo.
2.	Formula Quimica: Expresión fisico-química mediante la cual se representa el residuo. En esta expresión debe reconocerse las iniciales del residuo y demás sustancias que lo componen.
3.	Clasificaciones: Consiste en señalar la clasificación o identificador que se la asignado al residuo según todas las distintas regulaciones, resoluciones y normas, tanto nacionales como internacionales.
4.	Toxicidad: Define el grado de daño que puede ocasionar el residuo a los seres humanos y al resto de los seres que habitan el medio ambiente..
5.	Incompatibilidades: Consiste en definir y señalar las contradicciones posibles a ocurrir de poner en contacto el residuo con alguna otra sustancia o en determinadas condiciones específicas.
6.	Envase y embalaje: Se refiere a las posibilidades de crear o asignar un posible método de envase y embalaje del residuo dadas sus características y propiedades, para ser manipulado y almacenado.
7.	Riesgos asociados al Residuo: Consiste en identificar los riesgos asociados a las actividades que se van a desarrollar con el residuo, así como en los posibles contactos durante su manipulación.
8.	Precauciones: Se refiere a definir las precauciones a considerar en las actividades a desarrollar con el residuo con el objetivo de proteger al personal, y el medio ambiente, así como para prevenir la ocurrencia de los riesgos identificados.
9.	Medios de Protección: Se refiere a los diferentes medios y actividades de protección propuestos a realizar para que no ocurran sucesos o accidentes que pongan en peligro la vida del personal, así como para minimizar la ocurrencia de los riesgos identificados y no afectar el medio ambiente.

10. Tratamiento y Disposición Final: Consiste en definir con la mayor cantidad de detalles posibles el procedimiento propuesto para desarrollar el tratamiento y disposición final del residuo, en el cual se describan las actividades y los parametros o tecnología requerida.

La ACGIH, American Conference of Governmental Industrial Hygienists (Conferencia Estadounidense de Higienistas Industriales Gubernamentales), ha publicado varias propuestas de hojas informativas por residuos donde se recopilan un amplio conjunto de datos, características y otras informaciones que permiten mantener orientada a la población en general de cómo actuar ante la situación de exposición a sustancias peligrosas. **(Ver Anexo 7 Hoja Informativa)**

El objetivo fundamental de este instrumento radica en servir de guía de orientación e instrucción para evitar y preparar al personal ante la ocurrencia de accidentes o sucesos que dañen su salud o el medio ambiente.

➤ **Paso 2- Caracterización Actual:**

En el segundo paso del procedimiento se propone realizar una caracterización de la situación actual del residuo en el territorio que se analiza, en la cual deben describirse las actividades desde los posibles modos o flujos de generación o adquisición del residuo, pasando por la identificación y localización de los puntos donde se generan o almacenan en la actualidad, hasta definir las cantidades de residuos inventariadas por los productores o receptores.

Para el desarrollo de este paso pueden utilizarse los diagramas de flujos o de representación de procesos para describir el modo u operaciones de generación, a través del cual llega el residuo al lugar donde se almacena. Es importante señalar los lugares por donde ha pasado y las posibles transformaciones que puede presentar el residuo durante el decursar del periodo que se describe.

Para realizar la identificación de los diferentes puntos de generación o almacenamiento se pueden consultar el Inventario de Residuos del CITMA como organismo que centra y controla dicha información en el país, según las resoluciones establecidas. En este documento además se pueden cuantificar los volúmenes de residuos peligrosos que se localizan en cada punto de generación o almacenamiento.

Como resultante de este paso deben elaborarse y definir los Modos o flujos de generación, las Matrices de Distancias (*en kilómetros*) e Inventarios de Residuos (*en Kilogramos, metros cúbicos o Litros*), que caracterizan las entidades empresariales donde se generan o almacenan en el país, como se muestra en la tabla ejemplo siguiente:

	Confinatorio	Entidades Empresariales					Inventarios (Kg, m ³ o Lts)
		Emp. 1	Emp. 2	Emp. 3	...	Emp. n	
Emp. 1	9		18	10	...	100	2000 Lts
Emp. 2	14	18		24	...	30	1700 m3
Emp. 3	21	10	24		...	45	1400 Kg
...
Emp. n	23	100	30	45	...		1800 Kg

Además del inventario que presenta el CITMA pueden identificarse otras características actuales del residuo que describan los aspectos y condiciones del envase, embalaje y almacenamiento donde se encuentra, e incluso el nivel de preparación de las personas y los medios de comunicación disponibles en la entidad donde se localizan. Estos elementos permiten establecer una planificación de las condiciones a enfrentar en la manipulación de los residuos cuando se inicie el proceso de recolección.

2.5.2.- Etapa II: Estudio de las disponibilidades Logísticas.

En esta etapa se describen y balancean las disponibilidades logísticas, entre existentes y necesarias, para garantizar el desarrollo de todas las operaciones. Además se describen de manera general las especificaciones fundamentales del esquema tecnológico logístico necesario, así como un balance entre las capacidades de almacenamiento existentes y necesarias.

➤ **Paso 3- Disponibilidades Logísticas existentes**

En este paso se procede a la evaluación de los medios y condiciones existentes para efectuar un balance de las capacidades necesarias para confinar el residuo designado.

Dentro de los medios o equipos que se necesitan definir en este paso se encuentran:

- ✚ Medios Unitarizadores.
- ✚ Formas de Almacenamiento.
- ✚ Medios o Equipos de Manipulación.
- ✚ Medios o Equipos de Transporte.
- ✚ Capacidad de Almacenamiento.

El **medio de Contención o Unitarizador** es aquel elemento diseñado con el propósito de agrupar cargas, similares o no considerándolas de esta forma como un todo único en los procesos de transportación y almacenamiento adaptados para la mecanización de las operaciones de carga y descarga.

Mientras que la **Forma de almacenamiento**, consiste en la manera y el medio que se utiliza para lograr la colocación más racional de los medios unitarizadores o materiales del área de almacenamiento logrando aprovecharla al máximo, y facilitando el acceso necesario a todos los surtidos.

Los **Medios o Equipos de Manipulación** representan otro elemento vital dentro de la **tecnología de almacenamiento**, que se utilizan para realizar las actividades de manipulación de materiales, las cuales pueden ser de variadas formas aunque las más comunes son:

- Descargas de los equipos de transporte.
- Carga de los equipos de transporte.
- Transportación horizontal entre procesos y entre áreas.
- Elevación de los productos.

Los **Medios de Transporte** por su parte, se refieren a todos aquellos vehículos, que van a servir de soporte material para la circulación de los residuos desde los puntos de generación hasta el centro de confinamiento. En la primera etapa del proyecto del confinamiento solamente se utilizará el transporte automotor, es decir, camiones pero a medida que se incrementen los volúmenes y diversidad de residuos pueden involucrarse otros modos y medios de transporte según las disponibilidades y las medidas de seguridad a cumplir.

En cuanto a las **capacidades de almacenamiento** existentes se refiere a determinar las cantidades de volúmenes de residuos que pueden ser almacenados en las instalaciones designadas y que depende fundamentalmente de las dimensiones (Largo, Ancho y Altura) de los mismos.

Para determinar estas capacidades se pueden utilizar los procedimientos existentes para diseñar instalaciones para el almacenamiento de productos entre los que se destacan la *Tecnología de Almacenamiento* de Torres Gemeil (1994) y el procedimiento para el *Diseño Automatizado de Almacenes* de Brito Brito (2011).

Como resultados de este paso se deben definir los medios o equipos definidos en el proyecto para desarrollar las operaciones logísticas y con ellos cuantificar la capacidad de almacenamiento que se dispondrá en el confinamiento.

➤ **Paso 4- Disponibilidades Logísticas necesarias**

En este paso al igual que en el anterior se trabaja sobre la determinación de las diponibilidades logísticas, con la diferencia que ahora se relaciona la situación actual del residuo y las diponibilidades existentes para establecer las necesidades reales que exigen el residuo.

En este paso se utilizan los datos del Inventario de Residuos Peligrosos del CITMA para determinar los medios o equipos necesarios para las actividades de manipulación, almacenamiento y transporte:

- ✚ Medios y Formas de Almacenamiento.
- ✚ Medios o Equipos de Manipulación.
- ✚ Medios o Equipos de Transporte.
- ✚ Capacidad de Almacenamiento.

Para determinar estos elementos se puede utilizar **Tecnología de Almacenamiento**, que según Torres Gemeil, (2004) es el conjunto de conocimientos y procedimientos técnicos de los almacenes, donde se integran los conocimientos, documentos, medios, equipos, entre otros, poniendo en función de lograr las actividades que se realizan en el almacén, para que el mismo cumpla su objetivo; logrando una interrelación armónica entre las operaciones de carga, descarga y transporte interno, los sistemas de almacenamiento, la mecanización y automatización de los trabajos de índole operativo-organizativo, los medios y métodos para la conservación de los productos.

La **tecnología de almacenamienton** agrupa los diferentes elementos que se tratan indistintamente por diferentes autores como: Conejero y Gutiérrez. A partir de sus criterios se puede plantear que la misma puede utilizarse para:

- Fijación de las características técnico- constructivas.
- Secuencia de pasos a seguir desde que llega el material al almacén, hasta que sale del mismo.
- Ubicación y localización de productos. Flujos de cargas en el almacén.
- Selección y cálculo de la cantidad de los medios y Formas de Almacenamiento.
- Selección y cálculo de la cantidad de los equipos de manipulación.
- Distribución en planta del almacén.

Al finalizar estos métodos solamente falta determinar las rutas a recorrer para recoger los residuos almacenados en cada empresa ubicada en el territorio nacional.

2.5.2.1.- Modelo para las Rutas de recorridos de los residuos en el confinamiento.

Consiste en la identificación o estimación de los Inventarios de Residuos por localización, provincia y empresa o entidad, así como la determinación del volumen actual de los mismos y su coeficiente de generación en el tiempo. Como resultados se debe diseñar las rutas de recolección a seguir y el tiempo necesario para su implementación, así como determinar la capacidad mínima de almacenamiento para concentrar todo el inventario identificado.

Para darle solución a este problema de las rutas se utiliza un método heurístico (*Modelo de las Margaritas*), el cual permite obtener una solución que optimice los costos de empleados para obtener un conjunto de rutas o recorridos que deben establecerse para un parque dado de medios de transporte, designados para atender a cierto número de empresas. (Lemaire,1971)

La problemática en este proyecto debe interpretarse como que se tiene un conjunto de clientes (empresas con residuos) a los cuales quiere acceder desde un centro de distribución o también de recogida, hacia donde serán trasladados los productos, generando para ellos un conjunto de rutas mediante las cuales se accede a los clientes definidos, como se muestra en la **figura 2.2**.

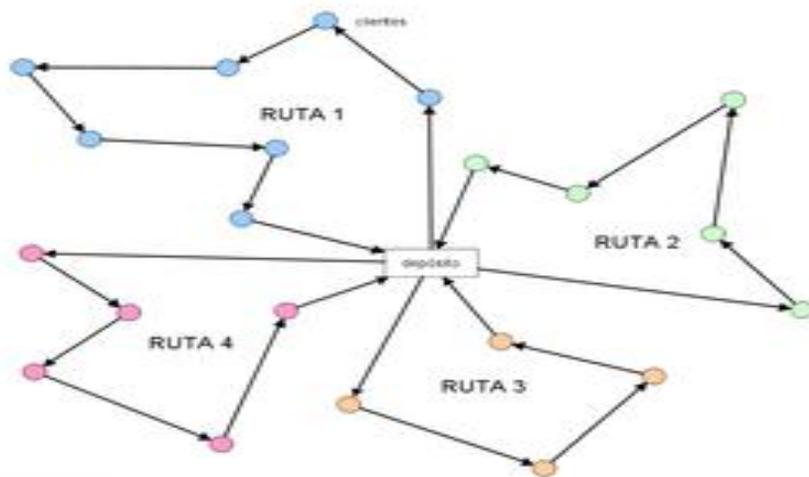


Figura 2.2: Modelo ejemplo del método de las margaritas para determinar las rutas a recorrer.

Otros autores también lo denominan como el problema de rutas de vehículos (Vehicle Routing Problem - VRP), en el cual realmente se engloba todo un amplio conjunto de variantes y personalizaciones de problemas. Desde aquellos más sencillos hasta algunos mucho más complejos que incluso hoy en día son materia de investigación.

Los problemas de rutas de vehículos (Vehicle Routing Problem - VRP) tratan determinar el conjunto de rutas de una flota de vehículos para dar servicio a un conjunto de clientes. Este tipo de problemas es de los más importantes, y de los más estudiados dentro de los problemas de optimización combinatoria. Dantzig y Ramser fueron los primeros en introducir este tipo de problemas en 1959, cuando describieron una aplicación real concerniente a la distribución de gasolina para estaciones de servicio. Además se propuso una formulación matemática del problema, y una aproximación algorítmica. Unos años después, Clarke y Wright aportaron una propuesta de algoritmo voraz (greedy algorithm) que mejoraba la aproximación algorítmica de Dantzig y Ramser. A partir de estos dos trabajos iniciales, ha surgido toda una fértil línea de investigación y desarrollo que ha crecido mucho en los últimos años.

En la actualidad existen varias soluciones informáticas que permiten resolver este tipo de problemas. Este gran interés en este tipo de problemas se deriva por un lado en el sentido práctico de su aplicación en problemas reales, y por otro lado en la gran complejidad de este tipo de problemas.

Los problemas de unos 50 clientes pueden ser resueltos mediante métodos y formulaciones exactas, sin embargo, los problemas de mayor complejidad sólo pueden ser resueltos de manera óptima en algunos casos particulares, dada su gran complejidad numérica. Su aplicación es visible y de gran importancia para la resolución de problemas reales en la Dirección de Operaciones y Logística. Por ejemplo: problemas de preparación de pedidos en un almacén (picking), de rutas de vehículos, planificación de transporte urbano, planificación de recogida de residuos o de aprovisionamiento, problemas de reparto o distribución, sistemas de navegación GPS, planificación de movimientos de robots, vehículos autoguiados (AGV), etc.

El Problema CVRP básico trata de determinar los recorridos de K vehículos de capacidad C_k que partiendo de un origen común deben pasar por un conjunto de lugares de interés (clientes) para recoger o distribuir mercancías según una demanda d_i , y volver de nuevo al origen de manera que la distancia total recorrida (el coste o el tiempo empleado) por el

conjunto de vehículos sea mínima. En el tipo de problema más sencillo no se tiene en cuenta el horario de entrega o recogida en cada lugar de interés (ventanas horarias).

A partir de este problema básico aparecen todo un conjunto de extensiones o particularizaciones. Por ejemplo, la función objetivo podría ser:

- minimizar el número total de vehículos (o conductores) requeridos para dar servicio a todos los clientes.
- minimizar los costes fijos asociados con el uso de los vehículos (o los conductores).
- minimizar el coste total de transporte (coste fijo más variable de la ruta).
- balancear las rutas, por tiempo de viaje o carga de vehículo.
- minimizar las penalizaciones asociadas para un servicio parcial a los clientes.

A continuación se muestra el modelo completo del problema:

$$\min \sum_{i \in V} \sum_{j \in V} c_{ij} \sum_{k=1}^K x_{ij}$$

Para un conjunto $i ; j$ de nodos, se expresa la función objetivo que intentará minimizar el coste total de todos los arcos recorridos en la solución, la cual está sujeta a las restricciones siguientes:

$$\sum_{k=1}^K y_{ik} = 1 \quad i \in V \setminus \{0\}$$

$$\sum_{k=1}^K y_{0k} = K$$

$$\sum_{j \in V} x_{ijk} = \sum_{j \in V} x_{jik} = y_{ik} \quad \forall i \in V, k = 1 \dots K$$

$$\sum_{i \in V} d_i y_{ik} \leq c_k \quad \forall k = 1 \dots K$$

$$\sum_{i \in S} \sum_{j \notin S} x_{ijk} \geq y_{hk} \quad \forall S \subseteq V \setminus \{0\}, h \in S, k = 1 \dots K$$

$$x_{ijk} \in \{0, 1\} \quad \forall i, j \in V, k = 1 \dots K$$

$$y_{ijk} \in \{0, 1\} \quad \forall i, j \in V, k = 1 \dots K$$

La variable binaria X_{ijK} indica si el vehículo K tendrá una ruta utilizando el arco ij . Mientras, la variable binaria Y_{iK} indica si el nodo i con demanda d_i será atendido por el vehículo K con capacidad C_K . Como se puede ver en la primera restricción cada nodo cliente deberá ser atendido únicamente por un vehículo (en el problema básico CVRP). En cambio del nodo origen 0 pueden partir todos los vehículos K de la flota. A continuación aparecen las restricciones de continuidad donde el vehículo que llegue a un cliente deberá también partir desde él. Tan sólo faltan las restricciones de capacidad: la demanda atendida por un vehículo (suma de d_i) no debe exceder su capacidad C_K . En el caso en que todos los vehículos tengan la misma capacidad, los valores C_K serán iguales. Por último aparecen condiciones de Miller y Tucker, y la definición de variables binarias.

Como datos iniciales del modelo se necesita la matriz de distancias desde el origen hasta cada uno de los puntos o nodos, y entre cada uno de estos. Además debe definirse la matriz de inventarios o demandas de cada, las cuales deben completarse con el vector de las capacidades de los medios de transporte.

2.5.3.- Etapa III: Diseño del Proceso Logístico.

Con la etapa anterior se accede a otro nivel superior del procedimiento para definir y describir las operaciones y recursos involucrados en el proceso logístico necesario desarrollar para recolectar todos los residuos ubicados por todo el territorio nacional.

Los pasos a desarrollar en esta etapa del procedimiento son:

- **Paso 5:** Documentación del Proceso
- **Paso 6:** Sistema de Control

Para solucionar ambos pasos definidos se propone utilizar el procedimiento para el diseño sistemas de control de gestión por procesos, **Brito Brito (2009)**, el cual permite implementar el control de la gestión por procesos, garantizando a la organización de una manera muy simple realizar una valoración de los aspectos cualitativos y cuantitativos de

sus procesos fundamentales con una visión preventiva y prospectiva, el cual se muestra en la **figura 2.3**.

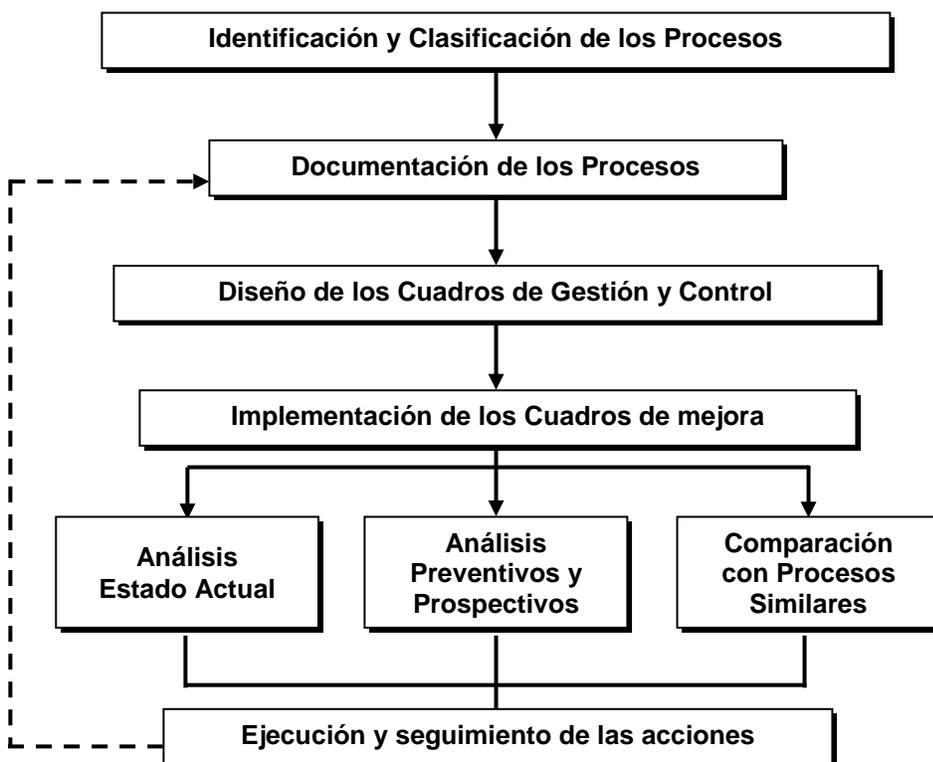


Figura 2.3: Procedimiento para diseñar sistemas de Control de Gestión por procesos.

Fuente: Brito Brito, 2009.

Este procedimiento mantiene la filosofía de mejora continua y ha sido comprobado con éxito en otras organizaciones, tanto productivas como de servicios. En la selección de este procedimiento se tuvieron en cuenta las etapas del proceso clásico de control, así como se vinculan con los enfoques modernos de gestión por procesos y de mejora continua del desempeño de los procesos generales de la organización.

Además para garantizar la seguridad del proceso se propone un procedimiento basado en el ciclo gerencial básico de Deming, elaborado por Villa y Pons Murguía (2006) y luego adaptado y aplicado en el proceso de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo en el Hotel Jagua por Pérez Hernández (2010) tomando criterios de diferentes instituciones y estándares tales como: Ministerio de Trabajo y Seguridad Social (2006); Instituto de Estudios e Investigaciones del Trabajo (IEIT), (2006) y NC 18001: 2005. En la **figura 2.4** se muestra la secuencia de pasos que sigue el mismo.

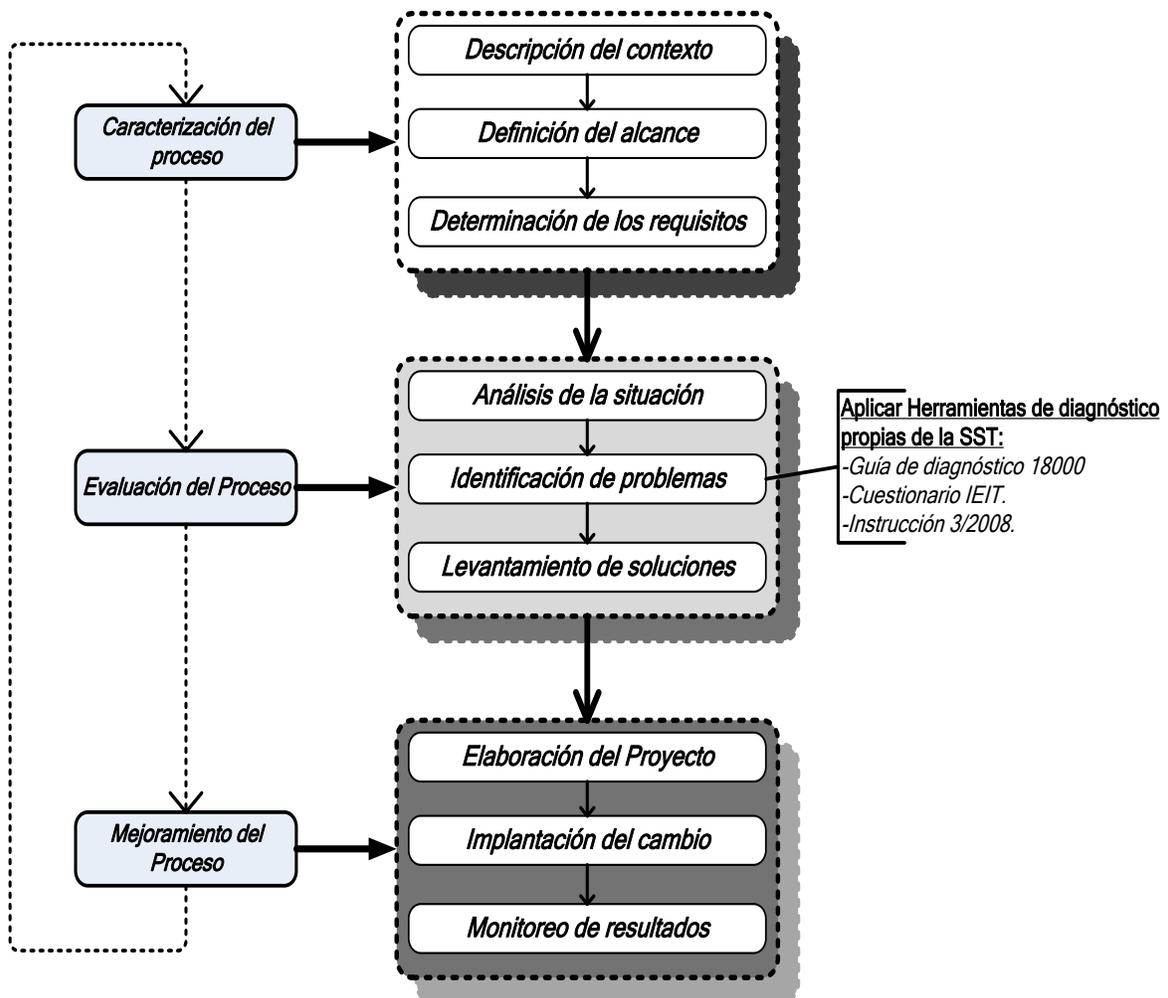


Figura 2.4: Secuencia de pasos del Procedimiento para la Gestión por Procesos.
Fuente: Villa González del Pino y Pons Murguía (2006), Pérez Hernández (2010).

Mediante el cual se mantiene el enfoque de gestión de procesos, específicamente en el proceso de Gestión de la Seguridad y Salud del Trabajo en el Confinatorio.

Además este procedimiento se organiza en tres etapas básicas: caracterización, evaluación y mejora del proceso, cada una de ellas con su correspondiente sistema de actividades y herramientas para su diseño y ejecución **(Ver Anexo 8)**.

La adecuada implantación del procedimiento para la Gestión de Procesos, exige la aplicación de un conjunto de herramientas para la recopilación y el análisis de datos sobre las actividades, con vista a identificar las áreas problemáticas que representan el mayor potencial de mejoramiento de los procesos.

2.5.4.- Etapa IV: Proceso de Tratamiento y Disposición Final de los Residuos.

Para el desarrollo de los pasos que componen esta etapa se debe contar con los análisis químicos que permitan la descripción exacta de las operaciones tecnológicas a realizar para darle el tratamiento o disposición final del residuo.

Aun el proyecto del Confinatorio no se han precisado las tecnologías que utilizarán, por tanto esta etapa del procedimiento queda pendiente para próximas investigaciones para completar todos los elementos de la secuencia propuesta.

Con esta esta etapa se finaliza el procedimiento propuesto para realizar la recuperación de todos los residuos peligrosos localizados por todo el país y confinarlos en la ExCEN ubicada en Cienfuegos, buscando aumentar la seguridad en el manejo y conservación de los mismos.

2.6.- Conclusiones Parciales del Capítulo 2

De los análisis bibliográficos realizados sobre los temas tratados en el capítulo se han arribado a las conclusiones siguientes:

- Desde que existía el MINBAS (ahora MINEM y MINDUS), se comenzó la búsqueda de una solución a nivel nacional, y se decidió la creación de un centro para el almacenamiento, procesamiento, conservación prolongada, recuperación y reciclado de los desechos y productos químicos peligrosos, empleando las edificaciones disponibles de la Central Electronuclear de Juraguá, provincia de Cienfuegos.
- El proyecto consiste en crear un sistema para el manejo integral de todos los residuos peligrosos que existen y se generan en Cuba, los cuales se encuentran distribuidos por todo el territorio nacional, cercanos a ecosistemas, asentamientos poblacionales y otras zonas vulnerables constituyendo un gran riesgo de contaminación.
- Se ha comenzado un estudio que establece los modos seguros y eficaces para operar a nivel nacional un Confinatorio en Cienfuegos, pero aún carece del esquema tecnológico logístico que garantice el movimiento y manipulación segura de desechos desde las entidades donde se almacenan hasta el Centro de Confinamiento.

- Después de analizados los procedimientos existentes en la bibliografía se ha diseñado uno que se adapta a las condiciones nacionales, necesidades, características y requerimientos que exigen las normativas y regulaciones vigentes para desarrollar un proceso de alto nivel de seguridad.
- El procedimiento diseñado se inicia con la **caracterización terica y actual** de cada residuo, prosigue con el **estudio de las disponibilidades logísticas** existentes y necesarias, para realizar el **diseño del proceso logístico** a desarrollar para recoger los residuos localizados por todo el país y trasladarlos hasta el Confinatorio donde se le definirá su **tratamiento y disposición final**, en función de los requerimientos tecnológicos que se identifiquen.



Capitulum 3



Capítulo 3: Implementación del procedimiento para la gestión logística de los Tubos de Rayos Catódicos conteniendo Plomo.

3.- Introducción

En este capítulo se implementa en los Tubos de Rayos Catódicos conteniendo Plomo el procedimiento anteriormente diseñado, describiéndose cada una de las etapas con sus herramientas propuestas.

3.1.- Caracterización general de los residuos peligrosos en Cuba.

Una gran preocupación es el incremento de el manejo inadecuado de los desechos peligrosos por su incidencia directa en los peligros y riesgos para la salud humana y el medio ambiente.

Actualmente en nuestro país existe una generación de más de un millón de toneladas de desechos peligrosos, a los que no se les aplica un tratamiento adecuado en su mayoría, esto es generado por una serie de dificultades. El grado de obsolescencia tecnológica, la insuficiente aplicación de enfoques preventivos, así como la carencia de una infraestructura nacional para llevar a cabo servicios centralizados de tratamiento y disposición final de estos desechos constituye una importante limitación para la aplicación de posibles alternativas de solución a los diferentes problemas identificados en el país.

El CITMA es el encargado de controlar el tratamiento y cuidado de los residuos peligrosos provenientes de diferentes organismos, según inventario del 2009 del CITMA (Ver Anexo 9) los mayores generadores son el antiguo MIMBAS con un 56% y el SIME con un 30% lo que representa un 86 % del total. (Ver Gráfico 1)

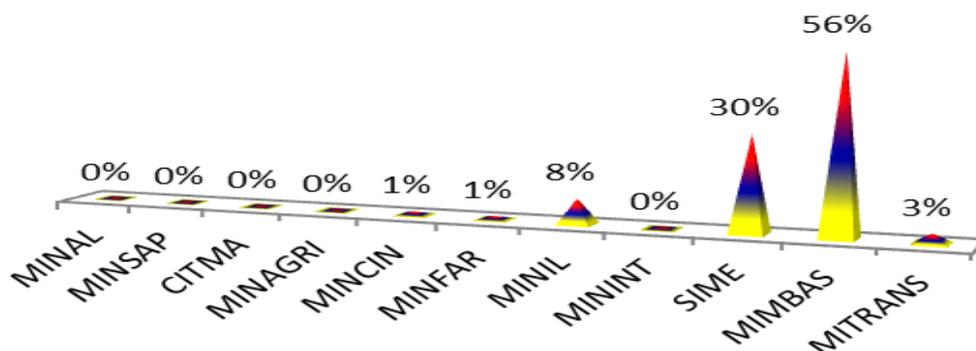


Gráfico 1: Productos a confinar por organismos. Fuente: CITMA 2009

Por zona geográfica se refleja de la siguiente forma: en Occidente ocupa un 38.46%, en el Centro 48.88% (el de mayor cantidad), en Oriente 11.47% y en la Isla de la Juventud 1.19% como se representa en el **gráfico 2**.

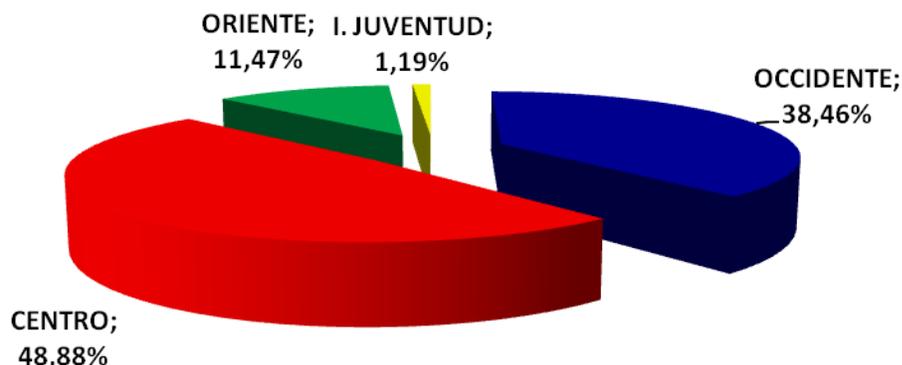


Gráfico 2: Distribución de los residuos peligrosos por zona geográfica. **Fuente:** CITMA 2009.

El inventario tomado como referencia representa el total de residuos a confinar existentes en nuestro país (**Ver Anexo 10 y Gráfico 3**), mientras que en la primera etapa del confinamiento solo se van a confinar cuatro residuos peligrosos: Plomo presente en Tubos de Rayos Catódicos (TRC) representando un 33%, Mercurio presente en lámparas con un 0.26%, Askarel presente en transformadores y PCB presente en Capacitores o Condensadores con un 3%.

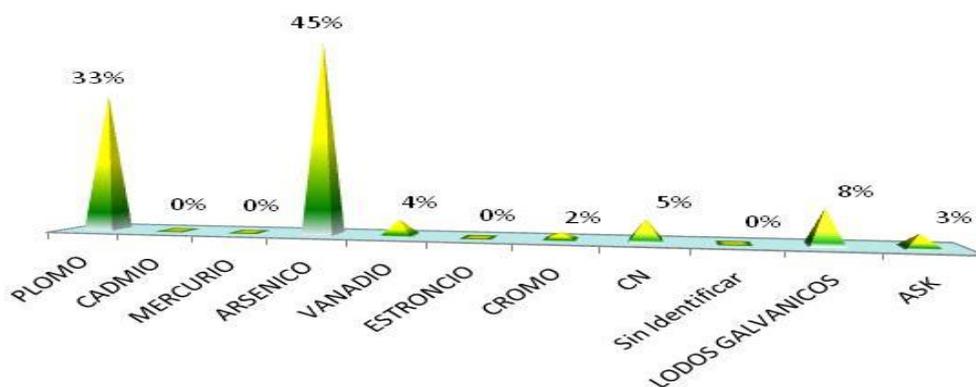


Gráfico 3: Productos a Confinar en Cuba. **Fuente:** CITMA 2009

El análisis realizado a los residuos peligrosos que se están investigando en la primera etapa del proyecto Confinatorio (**VerAnexo 11**) arrojó como resultados:

Plomo mayormente generado por el SIME y en una cantidad reducida por el antiguo MINBAS,

Mercurio es generado en el MINAGRI ,el MINCIN, el MININT y donde mayor es generado es en el antiguo MINBAS y

Askareles son generados en mayores cantidades en el MITRANS; todo se muestra en el **Gráfico 4**.

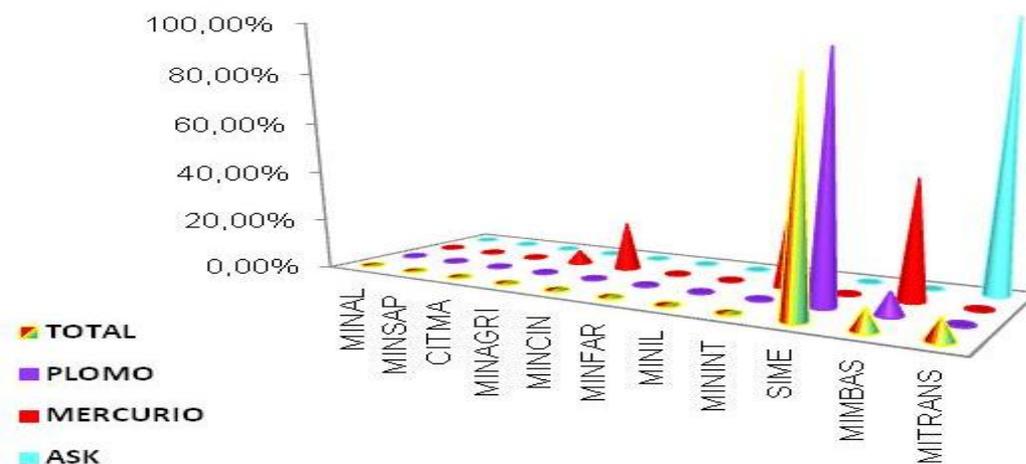


Gráfico 4: Generación de residuos peligrosos por organismos. **Fuente:** CITMA 2009

Del análisis de los estados de los envases y del almacenaje de los productos ociosos y caducados nivel nacional, (**Ver Anexo 12**) realizado por el CITMA resulta una problemática a solucionar, los envases que están en mal estado representan un 4.03% y en mal almacenamiento un 22.31%, representado en el **gráfico 5**.

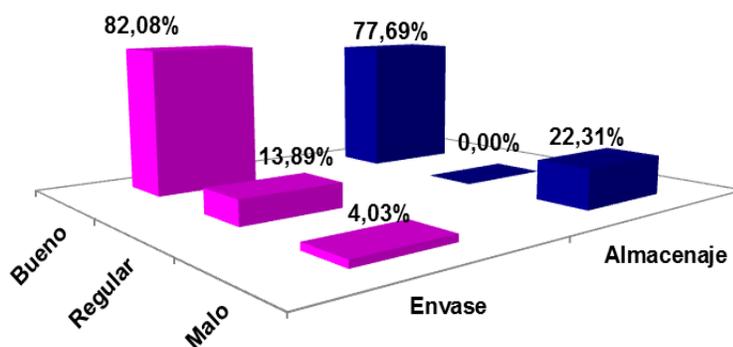


Gráfico 5: Estado de envase y almacenaje de productos ociosos y caducados a nivel nacional. **Fuente:** CITMA 2009

Es hoy una necesidad en Cuba la creación de una infraestructura que permita a nivel nacional el almacenamiento, tratamiento y disposición final de los residuos peligrosos, y para lograrlo con una mayor organización es necesario la implementación del procedimiento para la gestión logística de estos residuos, garantizando este, una mejor gestión y aplicando las herramientas descritas, para asegurar que tanto el manejo, transporte, almacenamiento y tratamientos se realice con el menor riesgo posible y en cumplimiento de la normativas vigentes.

3.2.- Implementación del Procedimiento para la Gestión Logística de los Residuos Peligrosos en Cuba.

Los desechos peligrosos generados en nuestro país no reciben el tratamiento adecuado, ni la seguridad en el manejo que necesitan, por tanto se realiza la creación de un proyecto que plantea la reparación de la exCEN para concentrarlos allí y luego su posterior tratamiento y en la presente investigación se realiza el estudio de los Tubos de Rayos Catódicos conteniendo Plomo.

El Tubo de Rayos Catódicos, o TRC, fue inventado en 1897 por Carl Ferdinand Braun, un científico alemán, pero no se utilizó hasta la creación de los primeros televisores a finales de la década de 1940. El primer televisor fue creado el 26 de enero de 1926 por John Logie Baird. A pesar de que los TRC que se utilizan en los monitores modernos tuvieron muchas modificaciones que les permitieron mejorar la calidad de la imagen, siguen utilizando los mismos principios básicos.

Su tecnología permite visualizar imágenes mediante un haz de rayos catódicos constante dirigido contra una pantalla de vidrio recubierta de fósforos y plomo, donde este bloquea los rayos X para proteger al usuario de sus radiaciones, aunque en la actualidad esta tecnología es sustituida por otras más modernas como: Plasma, LCD, LED o DLP.

En la eliminación y reciclado de los tubos se tiene que tener en cuenta la presencia del plomo en el cristal por su alto grado contaminante.

Entre los componentes que desde el punto de vista de peligrosidad se destacan en los TRC:

- La cara interior de la pantalla esta activada por un recubrimiento de material fluorescente que contiene frecuentemente sulfuros de cadmio y zinc así como otro tipode substancias denominadas “tierras raras”.
- Alrededor de un 2%-4% de vidrios de pantalla (color) contienen un 4% de plomo. Todas las pantallas de los tubos de rayos catódicos “blanco/negro” contienen plomo entre un 10% y un 25%.

3.2.1.- Etapa 1: Caracterización de los Residuos Peligrosos

El primer paso del procedimiento incluye la caracterización teórica del residuo Tubos de Rayos Catódicos conteniendo Plomo, en la que se incluyen aspectos como:

El objetivo de esta etapa es la caracterización **teórica** y **actual** del residuo en investigación en este caso Tubos de Rayos catódicos contiendo Plomo, en la primera caracterización se deben realizar una serie de actividades y tareas como son:

Nombre completo del residuo y otros usados

Fórmula química

Clasificaciones en resoluciones y normas

Toxicidad e incompatibilidades

Posibilidad de envasado y embalado

Riesgos asociados a la manipulación

Precauciones en los movimientos

Medios de protección propuestos

Propuesta tratamiento o disposición final

Entre las herramientas utilizadas están los documentos del proyecto, búsquedas en internet, revisión de literaturas y ficha del residuo caso de estudio.

PASO 1: Caracterización teórica

❖ Nombre Completo y Otros usados.

Plomo es un metal gris plateado, pesado y blando.

❖ Fórmula Química.

Pb

❖ Propiedades físico- químicas

Número Atómico: 82

Masa Atómica: 207,2

Número de protones/electrones: 82

Número de neutrones (Isótopo 207-Pb): 126

Estructura electrónica: $[\text{Xe}] 4f^{14} 5d^{10} 6s^2 6p^2$

Electrones en los niveles de energía: 2, 8, 18, 32, 18, 4

Números de oxidación: +2, +4

Electronegatividad: 2,33

Energía de ionización ($\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$): 716

Afinidad electrónica ($\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$): 35

Radio atómico (pm): 175

Radio iónico (pm) (carga del ion): 132(+2), 84(+4)

Entalpía de fusión ($\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$): 5,121

Entalpía de vaporización ($\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$): 179,4

Punto de Fusión ($^{\circ}\text{C}$): 327,46

Punto de Ebullición ($^{\circ}\text{C}$): 1749

Densidad (kg/m^3): 11342; (20 $^{\circ}\text{C}$)

Volumen atómico (cm^3/mol): 18,27

Estructura cristalina: Cúbica

Color: Blanco azulado, brillante.

Conductividad: pobre en la electricidad y el calor

Corrosividad: poca

Inflamabilidad: alta

Ductibilidad: alta

❖ Usos del Plomo

Su utilización como cubierta para cables, ya sea de teléfono, de televisión, de internet o de electricidad, sigue siendo una forma de empleo adecuada. La ductilidad única del plomo lo hace particularmente apropiado para esta aplicación, porque puede estirarse para formar un forro continuo alrededor de los conductores internos. Además en fontanería y conducciones de agua, en protección y techado de edificios, en menaje de cocina y doméstico y en objetos ornamentales. Su elevada densidad le hace muy indicado para anclas, contrapesos y munición, así como pantalla protectora contra radiaciones diversas y protección acústica. Las propiedades electroquímicas del plomo se utilizan ampliamente para sistemas de almacenamiento de energía eléctrica por medio de la batería plomoácido, ampliamente utilizada en vehículos automóviles, en sistemas estacionarios de comunicaciones, en medicina y, en general, donde es necesario asegurar la continuidad de los servicios y sistemas.

La realidad es que hay usos muy especiales del plomo, que le hacen indispensable o difícilmente sustituible son, entre otros:

- ❖ Baterías para automoción, tracción, industriales, aplicaciones militares, servicios continuos y de seguridad, energía solar, etc
- ❖ Protección contra radiaciones de todo tipo
- ❖ Vidrios especiales, para aplicaciones técnicas o artísticas
- ❖ Protección contra la humedad, cubiertas y techumbres
- ❖ Soldadura, revestimientos, protección de superficies

- **Problemas ambientales y de salud.**

- **Efectos en el organismo**

El plomo puede causar varios efectos no deseados, como son:

- Perturbación de labiosíntesis de hemoglobina y anemia.
- Incremento de la presión sanguínea.
- Daño a los riñones.
- Aborto espontáneo.
- Perturbación del sistema nervioso: insomnio, confusión, deterioro de la concentración y problemas de memoria, polineuropatía distal. La evolución a encefalopatía franca con convulsiones.
- Daños neurológicos. Los tempranos son anorexia, insomnio, fatiga, debilidad, cefalea, depresión, irritabilidad que progresan a la confusión, deterioro de la memoria, excitabilidad y disestesias, manía y psicosis tóxica.
- Disminución de la fertilidad del hombre a través del daño en el esperma.
- Disminución de las habilidades de aprendizaje de los niños.
- Perturbación en el comportamiento de los niños, como es agresión, comportamiento impulsivo e hipersensibilidad.
- Alteraciones graves en la propiocepción, equilibriocepción, nocicepción y electrocepción, magnetocepción, ecolocalización en ciertos animales.
- La formación de depósitos plúmbicos en las encías que forman una línea de color gris claro azulado llamada "la línea del plomo" o "la línea de Burton".
- El plomo puede entrar en el feto a través de la placenta de la madre. Debido a esto puede causar serios daños al sistema nervioso y al cerebro de los niños por nacer.

- La exposición crónica al plomo inorgánico es una enfermedad insidiosa, lenta, con manifestaciones variadas. La fatiga, la apatía, la irritabilidad y síntomas gastrointestinales vagos, son algunos signos tempranos de intoxicación crónica por plomo.

Efectos en el medio ambiente

Con respecto a su incidencia en el medio ambiente, el plomo se encuentra de forma natural en el ambiente, pero las mayores concentraciones encontradas en el ambiente son el resultado de las actividades humanas.

El plomo limita la síntesis clorofílica de las plantas, además perjudica su crecimiento, mediante la absorción en estas el plomo se introduce en la cadena alimentaria.

Las sales de plomo entran en el medio ambiente a través de los tubos de escape (principalmente los defectuosos) de los coches, camiones, motos, aviones, barcos y aerodeslizadores y casi todos los tipos de vehículos motorizados que utilicen derivados del petróleo como combustible, siendo las partículas de mayor tamaño las que quedarán retenidas en el suelo y en las aguas superficiales, provocando su acumulación en organismos acuáticos y terrestres, y con la posibilidad de llegar hasta el hombre a través de la cadena alimenticia. Las pequeñas partículas quedan suspendidas en la atmósfera, pudiendo llegar al suelo y al agua a través de la lluvia ácida.

La acumulación de plomo en los animales puede causar graves efectos en su salud por envenenamiento, e incluso la muerte por paro cardio-respiratorio. Algunos organismos, como los crustáceos u otros invertebrados, son muy sensibles al plomo (dado que el plomo cuando se encuentra en exceso se deposita en los huesos y al no poseerlos queda retenido en su organismo), y en muy pequeñas concentraciones les causan graves mutaciones. Se registraron casos en donde las crías de crustáceos con saturnismo crónico, presentaban extremidades más largas, deformidades en otras y un comportamiento agresivo y poco coordinado llegando a producirse automutilaciones y autolaceraciones múltiples, atribuido a alteraciones genéticas generadas por la contaminación por plomo.

Otro efecto significativo del plomo en las aguas superficiales, es que provoca perturbaciones en el fitoplancton, que es una fuente importante de producción de oxígeno

en los océanos y de alimento para algunos organismos acuáticos de variado tamaño (desde ballenas hasta pequeños pececillos).

El plomo llega a los suelo desde el aire, desprendimiento de pedazos de pintura con plomo, desde edificios, puentes y otras estructuras. Los vertederos contienen desechos de minerales de plomo proveniente de equipos electrónicos, televisores (específicamente en los tubos de rayos catódicos)

- **Clasificaciones en Resoluciones y Normas.**

Sistema de numeración de clases de peligros de las Recomendaciones de las Naciones Unidas sobre el Transporte de Mercaderías Peligrosas (ST/SG/AC.10/1/Rev.5, Naciones Unidas, Nueva York, 1988).

Categoría: Y31 Plomo y compuestos de plomo.

Característica: 9 H11. Sustancias tóxicas (con efectos retardados o crónicos): Sustancias o desechos que, de ser aspirados o ingeridos, o de penetrar en la piel, pueden entrañar efectos retardados o crónicos, incluso la carcinogenia. (**Ver Anexo 2**)

Catálogo Europeo de Residuos

16 02 15* Componentes peligrosos retirados de los equipos desechados.

Categoría: Q16 Toda sustancia, materia o producto que no esté incluido en las categorías anteriores.

Característica: H6. Tóxico: se aplica a sustancias y preparados (incluidos los preparados y sustancias muy tóxicos) que por inhalación, ingestión o penetración cutánea puedan entrañar riesgos graves, agudos o crónicos e incluso la muerte.

Característica: H7. Cancerígeno: se aplica a sustancias o preparados que por inhalación, ingestión o penetración cutánea puedan producir cáncer o aumentar su frecuencia. (**Ver Anexo 3**)

Organización de Naciones Unidas (ONU)

La ONU clasifica los residuos tóxicos en la **Clase 6 (Ver Anexo 13)**

En Cuba

Se utiliza la Clasificación del Anexo I del Convenio de Basilea.

Categoría: Y31 Plomo y compuestos de plomo.

Característica: 9 H11. Sustancias tóxicas (con efectos retardados o crónicos): Sustancias o desechos que, de ser aspirados o ingeridos, o de penetrar en la piel, pueden entrañar efectos retardados o crónicos, incluso la carcinogenia. (**Ver Anexo 2**)

- **Toxicidad e Incompatibilidades.**

Tóxico (causa envenenamiento).El plomo no es compatible con agentes oxidantes (percloratos, peróxidos permanganatos, cloratos, nitratos, cloro, bromo y flúor); ácidos fuertes (clorhídrico, sulfúrico y nítrico); zirconio, azida sódica; actiluro sódico y trifluoruro. Reacciona con el ácido nítrico formando el nitrato soluble en agua. Lo mismo sucede con el ácido acético y otros ácidos orgánicos leves, formando las sales correspondientes. En el caso del ácido sulfúrico concentrado este forma sulfato de plomo, el cual es insoluble y forma una capa protectora sobre el metal. Con ácido clorhídrico la reacción es muy lenta y el cloruro correspondiente es poco soluble en agua.El plomo al ser anfotérico, reacciona con álcalis formando plumbatos y plumbitos por lo que debe evitarse un contacto prolongado de este metal con cemento fresco o concreto. Reacción violenta o explosiva con el nitrato de amonio fundido por debajo de 200 °C, al igual que con acetiluro de sodio, peróxido de hidrógeno, azida de sodio y circonio. Su contacto con trifluoruro de cloro es violento produciéndose la ignición.Esta sustancia en polvo o sólida y el peróxido de hidrógeno o el nitrato amónico pueden producir reacciones violentas.

- **Posibilidad de Envasado y embalado.**

Su grupo de emblaje es el III,se debe transportar como cantidad limitada donde en el interior del envase la cantidad no debe exceder de 5 kg. y el envase puede ser de vidrio, plástico o metal, mientras que los exteriores sean bidones o cajas de acero, aluminio, cartón, madera contrachapada y plástico, si el transporte fuese en forma a granel los recipientes intermedios deben ser de metal, plásticos rígidos o compuestos, mientras que se recomienda el material de acero, aluminio, plástico rígido, madera natural o contrachapada o cartón rígido para los envases exteriores los que no pueden excederse en una capacidad de 3m³.(**Ver Anexo 14**)

- **Riesgos asociados a la manipulación.**

1. El contacto puede irritar la piel y los ojos.
2. La inhalación del polvo puede irritar la nariz, la garganta y el pulmón causando tos, respiración con silbido o falta de aire.

3. La exposición al plomo puede causar dolor de cabeza, náusea, vómitos, pérdida de peso y dolor abdominal.

Efectos crónicos sobre la salud:

La fatiga, la apatía, la irritabilidad y síntomas gastrointestinales vagos, son algunos signos tempranos de intoxicación crónica por plomo. Otros son: insomnio, confusión, deterioro de la concentración y problemas de memoria. Poli neuropatía distal. La evolución a encefalopatía franca con convulsiones, pérdida de la libido, esterilidad en varones, trastornos menstruales y abortos, aparición de una línea azul gris de pigmentación en las encías (ribete saturnino o de Burton); se destaca además que el plomo atraviesa la placenta.

- **Precauciones en los movimientos.**

Entre las condiciones indispensables para su manipulación y almacenamiento el plomo en polvo debe ser envasado en frascos de cristal y metálicos en bolsas de polietileno almacenándose en un área fresca y ventilada y lejos de sustancias incompatibles y materiales combustibles entre los que encontramos la madera, papel y aceite. Cuando no es posible evitar el uso de plomo, puede evitarse el polvo del metal rociándolo con grandes cantidades de agua para evitar la formación de polvo y su dispersión en el aire. Las ropas de trabajo evitar que tengan vueltas, pliegues y bolsillos en los que pueda acumularse el polvo.

- **Medios de Protección propuestos.**

Para manipularlo deben utilizarse guantes piel reforzado, delantal, overall de manga larga libre de pliegues y bolsillos para evitar la acumulación del polvo, botas de protección con casquillos, gafas protectoras y filtro para la respiración. **(Ver Anexo15)**

- **Propuesta Tratamiento o Disposición Final. Fuente:** Proyecto Ecovitrum 2013.

Este tratamiento solo es para los Tubos de Rayos Catódicos, ya que el del Plomo aún no está definido.

Desensamblado: Se retiran cables y antenas con ayuda de destornilladores neumáticos y alicates de corte, estos componentes son separados y almacenados en distintos contenedores para su posterior procesado, de esta forma el equipo es más manejable,

seguidamente se desmonta la carcasa, la cuales almacenada en otro contenedor para su posterior compactación en balas de plástico ABS en el caso de los monitores y polipropileno en el caso de los TV.

Separado de componentes: Las placas de circuito impreso son retiradas separando los componentes con alto contenido en cobre (transformadores) y los componentes que pueden resultar peligrosos como grandes condensadores que pueden contener PCB, estos componentes se retiran con simples alicates y se almacenan en sus respectivos contenedores para su posterior procesado. **(Ver figura 3.1)**



Figura 3.1.- Desensamblado y separado de componentes de los TRC. **Fuente:** Proyecto Ecovitrum 2013.

Tratamiento de Tubos de Rayos Catódicos: Una vez concluida la fase 2 sólo queda el tubo de rayos catódicos, en estafase los tubos pasan a la línea de limpieza donde por medido de una radial se cortan los anillos metálicos que lo rodean y se pule la superficie del cristal con un cepillo eléctrico de púas metálicas con el fin de obtener un cristal limpio y libre de otros residuos (plásticos, etiquetas), en este mismo punto se perfora el vidrio con ayuda de un punzón y un martillo por uno de sus puntos débiles con el fin de eliminar el vacío en su interior y enviar esta pieza a la siguiente fase sin riesgo de sufrir implosiones, por último se corta con una radial el cuello del tubo que contiene el cañón de electrones, estos son almacenados por separado para ser procesados independientemente ya que contienen zinc, el tubo de rayos catódicos ya está preparado para someterlo a la siguiente fase.

A continuación, el tubo se incorpora a una máquina semiautomática específicamente diseñada para cortar y separar el vidrio frontal del vidrio trasero, esta máquina marca un perímetro en el vidrio con una punta de diamante y seguidamente somete este perfil marcado a un rápido contraste térmico, lo que provoca la ruptura del vidrio por ese punto realizando un corte perfecto, una vez realizado el corte el operario procede a retirar la

parte trasera del tubo y almacenándola en contenedores distintos de los que se usarán para la parte delantera ya que esta pieza está compuesta por un alto contenido en plomo. En este momento se retiran manualmente las piezas metálicas contenidas en el interior del tubo y se procede a retirar el fósforo que se encuentra en la parte frontal del tubo con ayuda de un aspirador especial provisto de filtros para retener y almacenar esta sustancia tan nociva. El vidrio delantero y el trasero se almacena de forma separada.

Paso 2: Caracterización Actual

Su objetivo es definir los modos o flujos de generación, puntos de almacenamiento o generación y el inventario actual identificado del residuo. Se utiliza como herramientas matrices de distancia y de localización, inventario de residuos del CITMA, diagramas de flujos de procesos.

- **Modos o flujos de generación**

En el país se importaron todos estos tubos de rayos catódicos por lo cual no se describe en este paso su modo o flujos de generación, al contrario de otros residuos que si son generados aquí, estos fueron importados desde el exterior ejemplo desde la Unión Soviética (en otra época) y actualmente están en desuso por su toxicidad y las exigencias de los convenios internacionales además del avance de la tecnología en la actualidad.

- **Puntos de almacenamiento o generación**

Los Tubos de Rayos Catódicos están almacenados actualmente en distintas provincias como Pinar del Río, La Habana, Ciudad de la Habana, Matanzas, Cienfuegos, Villa Clara Sancti Spiritus, Granma y Santiago de Cuba, por su gran toxicidad para la humanidad y el medio ambiente se encuentran en desuso. Están definidas las distancias entre todas las entidades propietarias de este residuo y el Confinatorio, lo cual servirá para definir las rutas más factibles y de menores riesgos, esta matriz proporciona los datos en Km de las distancias a recorrer entre los puntos.

- **Inventario actual identificado**

En el 2009 el CITMA realizó un inventario de todas los desechos peligrosos que existen en el país, ya sean caducados u ociosos con sus características de envase y almacenamiento. Una de estas sustancias es el polvo del plomo contenido en los TRC

del cual hay una gran cantidad distribuido en todo el territorio nacional como se muestra en la **figura 3.2. (Ver Anexo 16)**

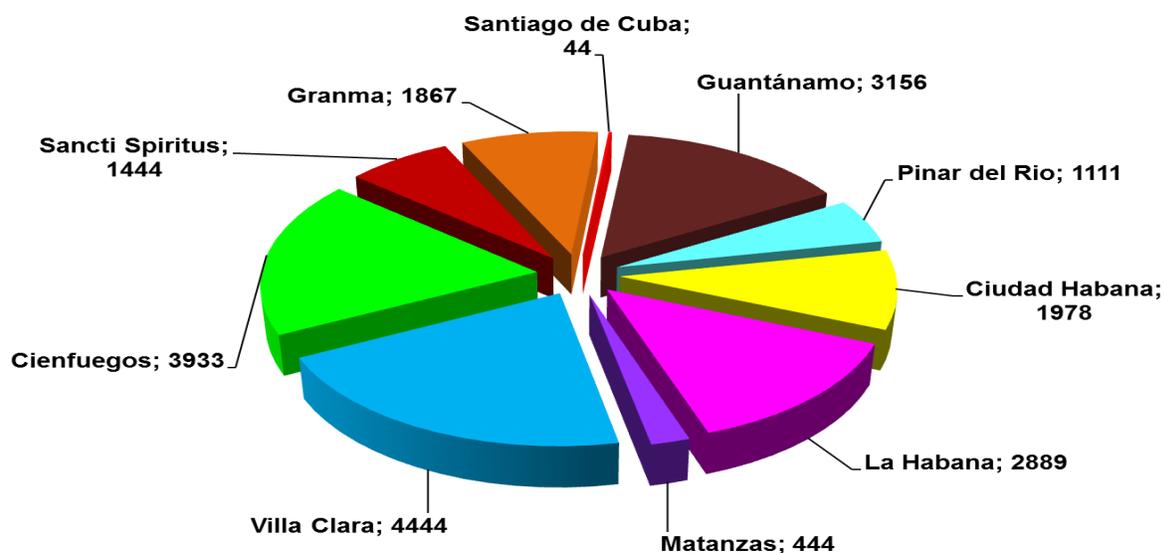


Figura 3.2:Inventario de los TRC con plomo en Cuba. **Fuente:** CITMA 2009

3.2.2.- Etapa 2: Estudio de las Disponibilidades Logísticas.

En esta etapa se analizan las Disponibilidades Logísticas existentes y para ello se realizan un conjunto de actividades como son: medios de contención, medios de manipulación, medios de almacenamiento, capacidad de almacenamiento, medios de transporte; utilizando para lograrlas un conjunto de herramientas previamente seleccionadas como son: revisión de documentos del proyecto, cálculo de las capacidades de almacenamiento.

Paso 3: Disponibilidades Logísticas existentes

- **Medios de Contención**

En el proyecto del Confinatorio todavía no se han definido los medios de contención que podrán ser utilizados para unitarizar la carga de los Tubos de Rayos Catódicos con contenido de Plomo.

- **Medios de Manipulación**

Según el estudio realizado por el Centro de Ingeniería e Investigaciones Químicas (CIQ) se tiene proyectado que la manipulación de los productos ya envasados dentro y entre el

Edificio Especial y el Reactor se efectuará por **Montacargas** (3-4 equipos a precisar) de 2 y 3.5 toneladas estos últimos para los TRC con contenido de Plomo.

La descarga de las sustancias correctamente envasadas se efectuará en áreas con acceso al transporte en el Edificio Especial (diferente al área de recepción de productos a granel o a reenvasar) para la manipulación de las cargas que se llevarán directamente por montacargas el Edificio del Reactor. Esta área deberá estar también preparada para evitar que posibles derrames pasen al alcantarillado normal y provoquen contaminación en el sitio y el entorno. En el proyecto presentado no está definido las dimensiones de estos equipos de manipulación aspecto necesario para definir la magnitud del área de almacenamiento necesaria. Además tampoco se define en el inventario del CITMA si en las empresas donde se encuentran almacenados los desechos existe algún equipo para realizar las operaciones de manipulación.

- **Medios de Almacenamiento**

En principio y hasta que se disponga de un levantamiento completo del Edificio Especial y los niveles del Reactor, los productos se almacenarán en dos niveles del Edificio Especial y seis (el total depende finalmente del levantamiento) niveles del Reactor. Los TRC con contenido de Plomo se van a almacenar en áreas del Reactor con pasillos ventilados. Según lo que se refleja en el proyecto del confinamiento la propuesta de almacenamiento de este residuo es sobre tarimas o palet directamente en el piso formando bloques de almacenamiento, es decir, no se van utilizar ninguna estructura o estanterías de almacenamiento.

- **Capacidad de Almacenamiento**

Según el informe del proyecto los TRC con contenido de Plomo serán almacenados en el **Reactor** con pasillos ventilados, el cual tiene una estructura de 5 niveles o pisos.

Altura hasta el tope de la cúpula (sin la chimenea); **73.70 m.**

10 niveles que podrían usarse para el confinamiento (sin los sótanos debajo del 0.00) entre el nivel 0.00 y el nivel 34.70.

La altura promedio de los niveles es de **2.5 m** y el espesor de los pisos de hormigón armado entre los niveles es de **0.52 m.**

Espesor de la pared exterior de hormigón armado de **1.5 m.**

El área útil, que en este Estudio proponemos usar de almacenaje (a partir de los planos tecnológicos existentes) por niveles (solo los cinco primeros pisos) es la siguiente:

- Planta +0.00; 1535.1 m²
- Planta +4.5; 1852.4 m²
- Planta +10.5; 3225.1 m²
- Planta +14.25; 2078.4 m²
- Planta +17.60; 2333.6 m²

En total, solo en los primeros 5 niveles, se dispone de un área de almacenaje (a comprobar) de 11024.6 m².

Esto representa un Volumen útil de almacenamiento:

- Planta +0.00; 3837.75 m³
- Planta +4.5; 4631.0 m³
- Planta +10.5; 8062.75 m³
- Planta +14.25; 5196.0 m³
- Planta +17.60; 5834.0 m³

En total, solo en los primeros 5 niveles, se dispone de un volumen de almacenaje (a comprobar) de 27561.5 m³.

• Medios de Transporte

Se tiene proyectado que la recogida de los productos en las empresas donde están almacenados será por **camiones especializados** (1 carro tanque y 1-2 carros para productos sólidos). En este documento no se definen las capacidades ni el peso o volumen que pueden presentar estos equipos de transporte.

En el proyecto tampoco se definen si estos medios de transporte van a pertenecer al Confinatorio o serán subcontratados a otras empresas del territorio. Según algunos casos consultados de aplicaciones de sistemas de manejo de residuos, los medios de transportes lo asumen las propias empresas generadoras del residuo.

Paso 4: Disponibilidades Logísticas necesarias

En este paso se realizarán las actividades siguientes: rutas de recorridos para el confinamiento, medios de contención, medios de manipulación, medios de almacenamiento, capacidades de almacenamiento, medios de transporte. Para la realización de estas actividades se emplearán las siguientes herramientas: tecnología de almacenamiento, procedimiento para diseño de almacenes, modelos matemáticos para diseño de las rutas de recolección, procedimiento para el cálculo de las necesidades de medios de transporte.

- **Adecuación del problema de las Rutas para los tubos de rayos catódicos con plomo.**

En este epígrafe se realiza la adecuación del Modelo matemático para calcular las rutas de los recorridos a ejecutar para recolectar todos los residuos para el Confinatorio.

El objetivo fundamental del problema consiste en Minimizar los costos de las operaciones de traslado de los residuos desde las empresas identificadas hasta el Confinatorio, el cual ha sido concebido ubicarlo en la provincia de Cienfuegos.

Esta ubicación geográficamente es estratégica, pues esta provincia se encuentra casi en el centro del país, el cual por su forma alargada y estrecha permite establecer rutas de recorridos hacia las tres direcciones fundamentales, occidente, norte y oriente. Además considerando que más del 80% de los inventarios se ubican entre el centro y occidente del país la localización del Confinatorio en Cienfuegos tiene una justificación en mucho de los aspectos del proyecto.

Por ahora esta versión del modelo solamente se utiliza como elemento el costo de traslado las distancias a recorrer, sin considerar los tiempos de movimiento y de las otras operaciones que se describen en el proceso.

Como datos iniciales se cuenta con una Matriz de Distancias desde el Confinatorio hasta cada empresa y de cada empresa hasta el resto de los puntos. También se cuenta con una Matriz de Inventarios de Residuos que toma los valores definidos por el Inventario de Residuos Peligrosos confeccionado por el CITMA en el 2009, por lo que se harán algunas concepciones pues no presenta toda la información necesaria sobre dichas cantidades y condiciones en las que se encuentran dichos residuos. Adicionalmente se cuenta además con una Matriz de las Capacidades de los medios de transporte que serán asumidos para esta propuesta, según datos de la Empresa de Almacenes Universales S.A. sucursal Centro.

En la tabla siguiente se muestran las variables y sus definiciones correspondientes según las características del Modelo para realizar la recolección de TRC con plomo, de los cuales existen **21311u** en el país.

No.	Variable	Descripción de la Variable
1	D_{ij}	Distancia desde la Empresa i a la j . considerando como el nodo 1 el

		Confinatorio y hasta la cantidad de empresas donde existen TRC con plomo. La Matriz de Distancias es de 21 filas por 21 columnas, por tanto i y $j= 1\dots$ hasta $n=21$. (Ver figura 3.3)
2	I_i	Se refiere a la cantidad de TRC con plomo que define el Inventario del CITMA para la Empresa i . Según el Inventario del CITMA en Cuba en el 2009 existían 958.98 kg. de plomo dentro de los TRC , pero como la propuesta de la extracción del plomo aún no está definida como volumen de residuos a trasladar hasta el Confinatorio se tomarán las 21311u de TRC .
3	C_k	Consiste en el vector que define las capacidades de los medios de transportes, en este caso $k = a$, 2 Camiones que presentan de 6 y 10 toneladas de capacidad, en el proyecto se definen dos camiones pero no se definen sus dimensiones ni volumen.
4	X_{ijk}	Se refiere a una Variable Binaria que define si se usa la ruta desde la empresa i a la j utilizando el camión k . Esta variable solo toma valores de 0 o 1 en el caso de su afirmación si toma la ruta señalada por los nodos i y j .
5	Y_{ijk}	Se refiere a una Variable Binaria que define si el inventario de la empresa i utilizando el camión k . Esta variable solo toma valores de 0 o 1 en el caso de su afirmación si toma la ruta señalada por los nodos i y j .

Como se mencionó en el capítulo anterior las condiciones de los datos permite darle solución a este problema de las rutas para el traslado de los TRC con Plomo utilizando el método heurístico (*Modelo de las Margaritas*), el cual permite obtener una solución que optimice los costos de los recorridos que deben establecerse según las condiciones definidas para los TRC con Plomo.

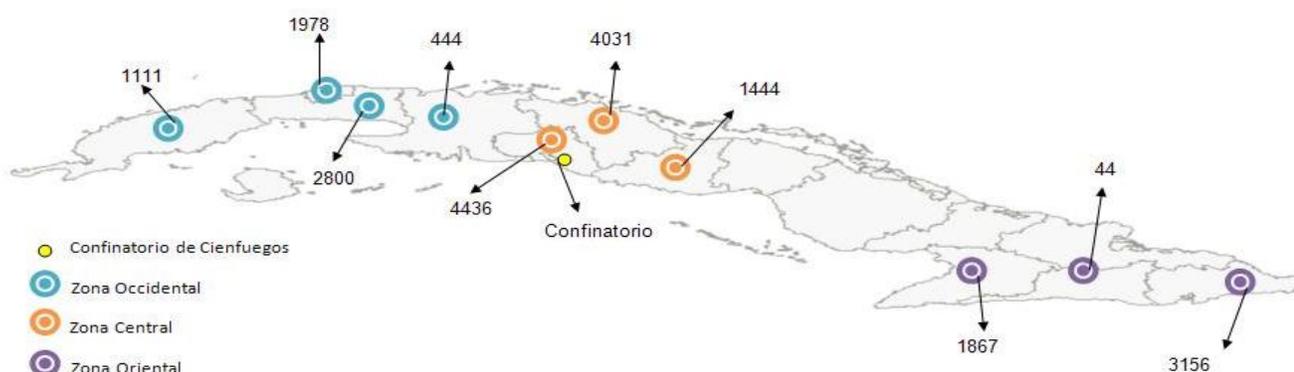


Figura 3.3: Ubicación geográfica de Provincias con TRC contenido Plomo. **Fuente:** Elaboración propia.

La **Función Objetivo** concebida para determinar las rutas a seguir para recolectar los TRC con Plomo es:

$$Z = \text{Min} \sum_{i=1}^{21} \sum_{j=1}^{21} D_{ij} \sum_{k=1}^2 X_{ijk} \quad \left| \begin{array}{l} \text{Se define como Minimizar las distancias a recorrer} \\ \text{desde las empresas 1 hasta la 21, utilizando cualquiera} \\ \text{de los 2 camiones.} \end{array} \right.$$

Se trata de minimizar las distancias a recorrer considerando que es directamente proporcional al costo del combustible que se consume en cada recorrido.

Dentro de las Restricciones fundamentales que se consideran en este tipo de modelo se encuentran las siguientes:

R1.	De Recorrido. A cada empresa definida (i) irá solamente uno de los 2 camiones definidos (k). Menos al Confinatorio donde deben partir y culminar los recorridos los 2 camiones.
	$\sum_{k=1}^2 Y_{ijk} = 1 \quad i \in V(0)$
R2.	Inicioy Fin del recorrido. Del Nodo Central pueden partir los 2 camiones definidos en el parque de medios de transporte.
	$\sum_{k=1}^2 Y_{11k} = 2$
R3.	De Continuidad. Cuando un camión llega a un Empresa también debe continuar viaje hacia la próxima Empresa o regresar al Confinatorio.
	$\sum_{i \in V} X_{ijk} = \sum_{j \in V} X_{jik} = Y_{ijk} \quad \forall i \in V; k = 1 \dots \text{hasta } 2$
R4.	De Capacidad. Consiste en definir que la cantidad de TRC con Plomo en las empresas, cada ruta no debe exceder las capacidades del camión seleccionado (solo uno de los 2).

	$\sum_{i \in V} I_i Y_{ijk} \leq C_k \quad \forall k = 1 \dots \text{hasta } 2$
R5.	Variables Binarias
	$X_{ijk} \in \{0; 1\} \forall i, j \in V \text{ y } k = 1 \dots \text{hasta } 2$ $Y_{ijk} \in \{0; 1\} \forall i, j \in V \text{ y } k = 1 \dots \text{hasta } 2$

En la actualidad existen varias soluciones informáticas que permiten resolver este tipo de problemas, dependencia del nivel de complejidad, como es el programa **WINQSB**, con el Modulo de Integer o Lineal Programing, pero por la baja complejidad del problema se realizo un análisis heurístico con el enfoque del método de las margaritas.

De este análisis se obtuvieron nueve rutas a realizar para recolectar los TRC con plomo inventariados por el CITMA en informe de 2009, en las cuales se recorren aproximadamente un total de 6134 kilómetros para mover los 21311TRC con Plomo, como se muestra en la **figura 3.4**.

Las rutas determinadas obedecen fundamentalmente a las distancias y ubicaciones de las empresas donde se encuentran los TRC.

1. La ruta 1 va dirigida desde el confiatorio hasta Pinar del Río donde hay 2 empresas, en esta se transportan 1111u de TRC y se recorren un total de 770km.
2. La ruta 2 va dirigida desde el confiatorio hasta Ciudad de La Habana donde hay 5 empresas, en esta se transportan 1978u de TRC y se recorren un total de 576km.
3. La ruta 3 va dirigida desde el confiatorio hasta La Habana donde hay 1 empresa, en esta se transportan 2800u de TRC y se recorren un total de 464km.
4. La ruta 4 va dirigida desde el confiatorio hasta Matanzas donde hay 1 empresa, en esta se transportan 444u de TRC y se recorren un total de 356km.
5. La ruta 5 va dirigida desde el confiatorio hasta Villa Clara donde hay 2 empresas, en esta se transportan 4031u de TRC y se recorren un total de 256km.
6. La ruta 5 va dirigida desde el confiatorio hasta Cienfuegos donde hay 2 empresas, en esta se transportan 4436u de TRC y se recorren un total de 78km.
7. La ruta 7 va dirigida desde el confiatorio hasta Sancti Spíritus donde hay 2 empresas, en esta se transportan 1444u de TRC y se recorren un total de 430km.

8. La ruta 8 va dirigida desde el confiatorio a Granma y de Granma hasta Santiago de Cuba donde hay 3 empresas, en esta se transportan 1911u de TRC y se recorren un total de 1411km.
9. La ruta 9 va dirigida desde el confiatorio hasta Guantánamo donde hay 3 empresas, en esta se transportan 3156u de TRC y se recorren un total de 1793km.

								Km	TRC (u)	Paletas	Kg.	Tn	6t	10 t
Ruta 1	C ₁	C ₂	C ₃	C ₁				770	1111	47	16920	16,92	3	2
Ruta 2	C ₁	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₁	576	1978	83	29880	29,88	5	3
Ruta 3	C ₁	C ₉	C ₁					464	2800	117	42120	42,12	7	5
Ruta 4	C ₁	C ₁₀	C ₁					356	444	19	6840	6,84	2	1
Ruta 5	C ₁	C ₁₁	C ₁₂	C ₁				256	4031	168	60480	60,48	12	7
Ruta 6	C ₁	C ₁₃	C ₁₄	C ₁				78	4436	185	66600	66,6	11	7
Ruta 7	C ₁	C ₁₅	C ₁₆	C ₁				430	1444	61	21960	21,96	4	3
Ruta 8	C ₁	C ₁₇	C ₁₈	C ₁₉	C ₁			1411	1911	80	28800	28,8	5	3
Ruta 9	C ₁	C ₂₀	C ₁					1793	3156	132	47520	47,52	8	5
								6134	21311	892	321120	321,12	56	36

Figura 3.4: Rutas propuestas para recolectar los TRC con Plomo. **Fuente:** Elaboración propia

- **Medios de Contención o Unitarización necesarios.**

El medio de Contención o Unitarizador es aquel elemento diseñado con el propósito de agrupar cargas, similares o no considerándolas de esta forma como un todo único en los procesos de transportación y almacenamiento adaptados para la mecanización de las operaciones de carga y descarga.

En este caso se pretende trasladar los residuos de TRC con Plomo en camiones hasta el confinamiento y luego trasladarlos hasta su almacenamiento en el Reactor, por lo que se debe calcular la cantidad de medios unitarizadores necesarios para realizar las operaciones de manipulación de los residuos durante todo el proceso y su almacenamiento final.

El medio de contención a utilizar van a ser los Palet de intercambio de 1200x 1000mm y de 141 mm de altura, con capacidad dinámica hasta 1000kg.

Los TRC en el inventario del CITMA son de 21 pulgadas, estos contienen 45 g de plomo en su interior y existen un total de 21311 u.

Para calcular el número de medios se utilizó la Tecnología de Almacenes de Torres Gemeil (2004), y el método de cálculo para los medios planos, en el cual se asumen los datos y condiciones siguientes:

- Características del Envase: Huacal de madera, metal o plástico de 10 kg de capacidad (ya que se está trabajando con los TRC de 21 pulgada) con un peso vacío de 1.5 kg, entonces el peso total alcanzado aproximadamente por el huacal será de 15 kg.
- Dimensiones propuestas del Envase: 470mm de largo, 450 mm de ancho y 330mm de altura como se representa en la **figura 3.5**.

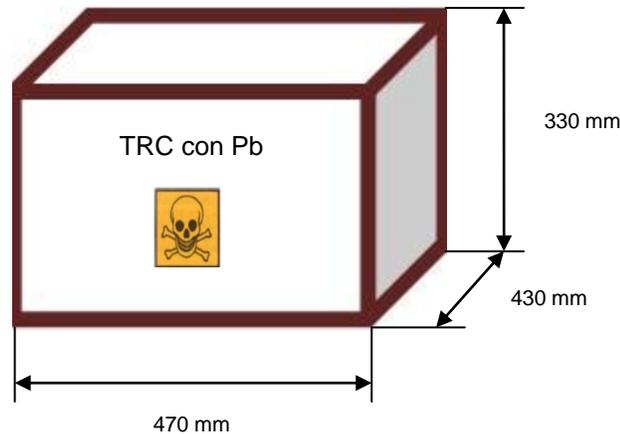


Figura 3.5: Propuesta de dimensiones para el medio de envase de los TRC con Plomo. **Fuente:** Elaboración propia.

Con las dimensiones del huacal se busca la propuesta de esquema de carga del método de cálculo de los medios planos, este propone Esquema 7 (Ver Anexo 18 y 19).

Determinación de la cantidad de unidades de carga que cabe en una paleta, plataforma (Pc).

$$P_c = \frac{C_c}{W_c} \quad P_c = \frac{1000 \text{ kg/pal}}{15 \text{ kg/u}} = 66 \text{ u/pal}$$

Determinación de la cantidad de camadas por paleta (Gp).

$$G_p = \frac{P_c}{P_c'} \quad G_p = \frac{66}{4} = 16.5 \approx 16 \text{ cam/pal}$$

Pero, 16 camadas equivalen a 5280 mm de altura sobre la paleta, lo que resulta excesivo, debiendo reajustarse a 3 camadas por paleta que representa 990 mm de altura. Pero como el peso de la paleta al ser reajustadas las camadas es de 180 kg la paleta estaría subutilizada por lo que se propone que se ubique 6 camadas por paleta asegurando la carga con cinta plastica o forrandola con nylon.

$$H = 6 \times 330 \text{ mm} = 1980 \text{ mm}$$

$$W_m = W_c \times P_c \quad W_m = 15 \text{ kg/u} \times 24 \text{ u/pal} = 360 \text{ kg/pal}$$

El peso de la paleta es de 360 Kg/pal luego de reajustada a 6 camadas por palet, que representa que no se realizó una buena estiba ya que se utilizó solo el 36% de ocupación de la carga porque se tuvo que tener en cuenta la altura dinámica del medio seleccionado.

$$\text{Cant}_{\text{palet}} = \frac{21311}{24} = 888$$

Finalmente al dividir el total de carga a manipular y lo que puede colocarse sobre un palet, se obtiene que se necesitan 888 palet para colocar el total de TRC.

Dadas las dimensiones para el análisis se obtiene un total de traslado de 958.98 kg. que representan 21311 TRC, con un peso por cada huacal ya envasado de 15 kg. representando un total de 319 665kg.

- **Medios de Manipulación necesarios**

Para el volumen de carga estimado con los medios de manipulación disponibles en el proyecto del Confinatorio son suficientes para realizar las operaciones de carga y descarga.

- **Medios de Almacenamiento necesarios**

Para almacenar el volumen de carga estimado de este residuo, por las características de los envases y del medio unitarizador seleccionado se decide mantener la misma forma de almacenamiento definida en el proyecto del Confinatorio "en Bloques", donde los mismos palet servirán de medios de almacenamiento.

- **Capacidades de Almacenamiento necesarias**

Para el cálculo de las capacidades de almacenamiento en el procedimiento se propone utilizar la Tecnología de Almacenamiento de Torres Gemeil (2004) y el de Diseño de Almacenes de Brito Brito (2009), pero dada la insuficiencia de informaciones en el proyecto del Confinatorio se utilizan los métodos estimados.

Según el Volumen de carga estimado para este residuo y el medio de almacenamiento seleccionado se estima un área de almacenamiento de 1154.4 m², para colocar los 888 palet y dejando un separación de 0.1 m entre cada paleta.

$Aa = (\text{dimensión del palet} \times \text{cant de palet}) + \text{holgura}$

$$Aa = 1.2 \text{ m}^2 \times 888 + 88.8 = 1154.4 \text{ m}^2.$$

Además la altura necesaria de almacenamiento del huacal y del palet es de 2121 mm, es decir, 2.121m, lo que representa un volumen de almacenamiento estimado de 2448.48 m³.

Cuando se analizan las capacidades de almacenamiento disponibles definidas por el proyecto del confinador existe suficiente capacidad para almacenar estos residuos en el Reactor, además su forma de almacenamiento va a ser “en Bloques” ya que no está definido en el proyecto si se utilizarán medios de manipulación dentro del edificio.

• **Medios de Transporte necesarios**

Según se define en el proyecto del confinador las disponibilidades concebidas para los medios de transporte son 1 o 2 camiones de 6 o 10 toneladas. Se necesitan transportar (958.98 kg. que representan 21311 TRC). Los 888 palet seleccionados ya cargados alcanzan un peso total de 319680 kg. (319.680 toneladas), por lo que si se utiliza:

- ✓ 1 camión de 6t realizar 54 viajes aproximadamente,
- ✓ 2 camiones de 6t realizar 27 viajes aproximadamente,
- ✓ 1 camión de 10 t realizar 32 viajes aproximadamente,
- ✓ 2 camiones de 10 t realizar 16 viajes aproximadamente.

3.2.3.- Etapa III: Diseño del Proceso Logístico

Como se describió en el capítulo anterior esta etapa tiene como objetivos principales diseñar y documentar el proceso logístico de recolección de los residuos y establecer el sistema de control para garantizar la seguridad del mismo durante su ejecución.

Paso 5: Documentación del Proceso

Para la documentación del proceso se utilizó el procedimiento de Brito Brito 2011, para el diseño de sistemas de control de gestión por procesos, el cual contiene una serie de herramientas a desarrollar para obtener todos los elementos que describen el proceso desde su concepción.

Según Brito Brito (2001), toda organización puede representarse como una compleja red de elementos que realizan actividades que les permiten interrelacionarse unas con otras para alcanzar los fines (misión) del sistema y cada una de estas interrelaciones puede representarse y gestionarse como un proceso. Atendiendo a su finalidad, los procesos pueden clasificarse en tres categorías: **Procesos Estratégicos**, **Procesos Claves**, y **Procesos de Soporte o Apoyo**.

Procesos Estratégicos: Son procesos destinados a definir y controlar las metas de la organización, sus políticas y estrategias. Permiten llevar adelante el desarrollo de la organización. Se encuentran relacionados directamente con la misión/ visión de la organización. Involucran personal de primer nivel de la organización. Afectan a la organización en su totalidad. Entre algunos ejemplos de ellos se tienen a la dirección estratégica (tanto su formulación como su implantación), el control, Gestión de la calidad, entre otros.

Procesos Operativos o Claves: Son procesos que permiten generar el producto/ servicio que se entrega al cliente, por lo que inciden directamente en la satisfacción del cliente final. Generalmente dependen del desempeño de más de una función. Algunos ejemplos de este tipo de proceso son los relacionados con el desarrollo de productos, producción en general, logística integral y atención al cliente entre otros.

Procesos de Soporte o Apoyo: Son los que apoyan a los de tipo operativo. Sus clientes son internos. Ejemplos de ellos son los relacionados con las Compras, sistemas, Información, gestión de recursos de todo tipo, entre otros.

Si se visualiza el Confinatorio como una organización el proceso de gestión logística de los desechos peligrosos puede ser clasificado como proceso de apoyo ya que, garantiza el traslado y almacenamiento de estos para posteriormente serán tratados químicamente y confinados.

Según el Convenio de Basilea desde el momento de su generación hasta su ingreso en una instalación de reciclaje, tratamiento o disposición final, los residuos peligrosos siguen una serie de etapas, que en forma genérica las podemos agrupar de la siguiente manera: Acondicionamiento, Transporte y Almacenamiento.

El proceso de gestión logística de los TRC con Plomo, también contienen estas actividades genéricas y se inicia desde el acondicionamiento del desecho hasta su almacenamiento en las áreas que se han definido del Confinatorio, como se muestra en la **figura 3.6**.

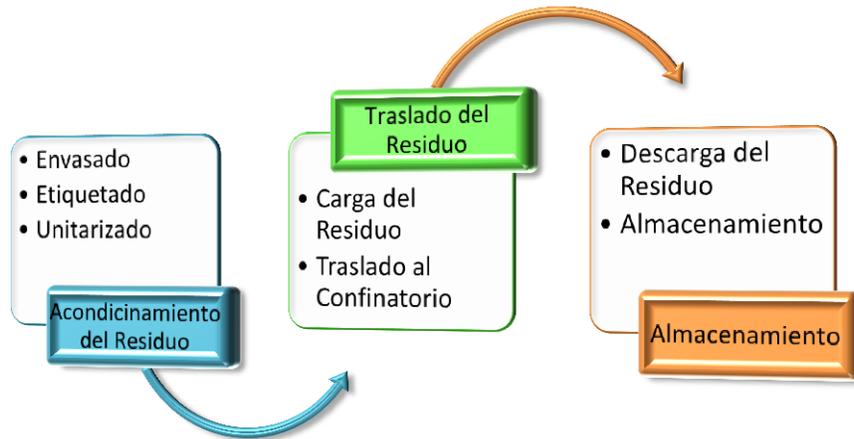


Figura 3.6: Operaciones generales del proceso de gestión logística para los TRC con Plomo

El **Acondicionamiento del Residuo** consiste en la preparación de la sustancia o del objeto que lo contiene para garantizar un traslado hasta el confinatorio con el menor riesgo posible. En el caso de los TRC con Plomo, se realizará el envasado, etiquetado y unitarizado de los residuos para transportarlo.

Envasado y embalado: En el mercado existe una amplia disponibilidad de contenedores para el envasado de los diferentes tipos de residuos, tanto para sólidos como para líquidos. A la hora de seleccionar un contenedor es muy importante tener en cuenta los siguientes criterios:

- *el material debe ser compatible con el residuo.*
- *presentar resistencia a los golpes y durabilidad en las condiciones de manipulación a las que serán sometidos.*
- *permitir contener los residuos en su interior sin que se originen pérdidas al ser manipulados.*
- *se deben tener en cuenta las limitaciones que puedan surgir por la forma de manejo, almacenamiento, transporte, tratamiento o disposición final a las que serán sometidos los residuos.*

Etiquetado: El etiquetado tiene como principal objetivo identificar el residuo peligroso y reconocer la naturaleza del peligro que representa, alertando a las personas involucradas en el transporte o manejo sobre las medidas de precaución y prohibiciones.

Los envases de residuos peligrosos deben estar debidamente identificados por medio de **etiquetas de riesgo**, especificando la identidad, cantidad, procedencia del residuo y la clase de peligro involucrado.

La Organización de las Naciones Unidas (ONU) establece listas en las cuales se identifican las sustancias peligrosas, asignándoles un número de cuatro dígitos, así mismo establece una clasificación de riesgos dividida en 9 grupos con varias divisiones y los modelos de símbolos o pictogramas de las etiquetas de riesgo con las cuales se deben identificar los envases. Los países adoptan estas recomendaciones generales en sus normativas.

Para los TRC con Plomo se utilizan unas etiquetas para el envase que identifican el residuo según la clasificación definida en la ONU, como se muestra en la **figura 3.7**.

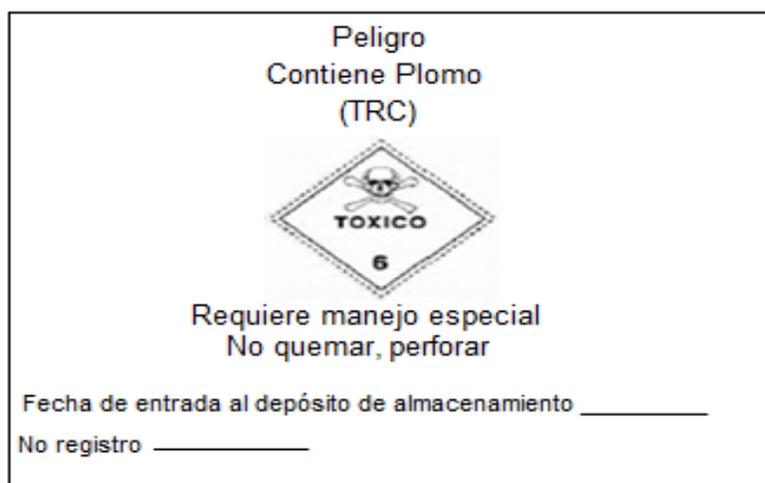


Figura 3.7: Etiqueta propuesta para la identificación de los TRC con Plomo.

Las etiquetas tienen forma de un cuadrado apoyado sobre uno de los vértices, de 10 x 10 cm. En los casos que los materiales presenten más de un riesgo importante se utilizarán etiquetas para indicar el riesgo primario y secundario, colocadas una al lado de la otra.

El envase contará además con una etiqueta de identificación del residuo y el generador, donde figure el código de cuatro dígitos de Naciones Unidas. Estará escrita en el idioma local con letra legible y de tamaño apropiado. Todas las etiquetas deben ser resistentes a la intemperie y estar adosadas al envase en un lugar visible, sobre un color contrastante.

Unitarización: Esta actividad consiste en la organización de los residuos para optimizar las operaciones de manipulación de residuos. Este residuo a pesar de no tener concebido con exactitud en el Inventario del CITMA sus características actuales como se propuso

anteriormente utilizar embalajes en forma de cajas, su propuesta de unitarización puede ser utilizando medios de almacenamientos planos, es decir Palet, y los más usados en Cuba son los denominados paletas de intercambio con dimensiones de 1200mmx1000mm.

Con la utitarizacion del Residuo se puede iniciar las operaciones carga hacia el medio de transporte para ser **Trasladado hasta el Confinatorio**. Esta operación se inicia con la **Carga del Residuo** sobre le medio de transporte seleccionado, para ello se recomiendan medios de manipulación para agilizar dicha actividad y disminuir el contacto del personal con los TRC.

Una vez terminada la carga del residuo sobre el camión si el camión completa su capacidad o recorrido planificado se **Traslada hacia el Confinatorio**, utilizando las medidas de seguridad máxima durante su movimiento para no ocasionar accidentes y que los residuos puedan afectarse por cualquier motivo.

El transporte es una operación intermedia entre el Acondicionamiento y el Almacenamiento de los residuos, la cual tiene el objetivo de lograr que el transporte de residuos peligrosos se realice con riesgos mínimos tanto para los operadores como para el resto de la población y el medio ambiente, muchos países han definido las condiciones en que debe realizarse esta actividad, así como las responsabilidades correspondientes.

Entre las responsabilidades que debe tener el **transportista** se encuentran las siguientes:

- *Contar con la autorización para el trasporte del tipo específico de residuos de que se trate.*
- *Contar con unidades adecuadas a las características de los residuos peligrosos que transportan.*
- *Identificar la unidad de transporte con los datos de la empresa (razón social, dirección y teléfono).*
- *Colocar señalizaciones de peligro, de acuerdo a las características de los residuos transportados.*
- *Transportar sólo los residuos correctamente acondicionados, etiquetados y documentados.*
- *Utilizar rutas de bajo riesgo, previamente establecidas.*
- *Proteger la carga durante el transporte de minimizar riesgos.*
- *Capacitar a los choferes*

- *Someter a los vehículos a inspecciones técnicas periódicas.*
- *Gestionar adecuadamente los documentos de la carga, de acuerdo a las exigencias correspondientes.*
- *La unidad debe contar con equipo de comunicaciones.*
- *Garantizar que las maniobras de carga y descarga se realicen por personal capacitado, con el equipo de protección personal adecuado y de manera de minimizar los riesgos, siguiendo protocolos establecidos.*
- *Conocer los planes a seguir en caso de emergencias y contar con los elementos necesarios para su implementación.*
- *Mantener estadísticas de accidentes e incidentes tanto de las unidades como del personal e implementar medidas de mejora continua.*

Se recomienda que se deben analizar las propuestas de servicios de seguros que cubran los daños al medio ambiente, a las personas o sus bienes ocasionados por accidentes en el transporte.

Para el traslado del residuo es importante la utilización de los **documentos de identificación de los residuos peligrosos**, son denominados generalmente "**manifiestos de carga**". Estos documentos, cuyo uso es obligatorio, cuentan con información sobre la naturaleza y cantidad de los residuos, su origen, la constancia de entrega del generador al transportista y del transportista a destinatario y los procesos a los que serán sometidos los residuos.

Al llegar el transporte con los residuos al Confinatorio se inician las actividades de Almacenamiento, las cuales comprenden todas las operaciones que se realizan desde la recepción del Residuo, su descarga y hasta su ubicación en las instalaciones concebidas para su almacenamiento.

La actividad de **Almacenamiento de Residuos** consiste en la contención temporaria de los mismos en un depósito especialmente acondicionado, a la espera de reciclaje, tratamiento o disposición final. Si bien el depósito puede estar dentro o fuera del predio donde se generan los residuos, los requerimientos de diseño y operación serán similares y estarán condicionados por el o los tipos de residuos manejados.

El tiempo de almacenamiento debe ser lo más breve posible, en Europa y Estados Unidos el tiempo suele variar entre 1 y 3 meses. En países que no cuentan con una adecuada infraestructura para el tratamiento y disposición de los residuos peligrosos, los tiempos pueden ser mucho mayores.

Para el caso de los TRC con Plomo, como se mencionó anteriormente serán almacenados en el Reactor, por un tiempo determinando para posteriormente realizar las operaciones de extracción del plomo de los TRC.

Aunque si por alguna causa justificada la duración del almacenamiento no pueda ser definida claramente, se deben tomar medidas y realizar controles similares a los que se realizarían en instalaciones de disposición final. En estos casos se debe prestar especial atención, de forma que el almacenamiento no constituya una forma de disposición incontrolada.

En los depósitos los residuos pueden ser almacenados a granel o previamente acondicionados en distintos tipos de contenedores debidamente estibados. Para el caso de líquidos a granel se pueden utilizar tanques aéreos o enterrados, mientras que para los sólidos se utilizarán silos o plataformas especialmente acondicionadas.

Condiciones que deben cumplir los depósitos

Ubicación: El área de emplazamiento se seleccionará en base a un estudio que garantice que los riesgos para la salud y el medio ambiente sean mínimos. Como criterios de exclusión se deberán considerar entre otros la cercanía a zonas densamente pobladas, a fuentes de agua potable o a edificios públicos, la posibilidad de inundaciones, el grado de vulnerabilidad del acuífero. Debe tener un fácil acceso y contar con servicios de electricidad, agua potable y comunicaciones.

Cercado y señalización: El predio de emplazamiento deberá estar debidamente cercado de forma de impedir el acceso de personas ajenas a las instalaciones. Asimismo deberá estar claramente señalizado con leyendas, indicando que se trata de un depósito de residuos peligrosos y pictogramas con el símbolo de peligro (Calavera con huesos cruzados).

Diseño apropiado: el lugar deberá estar diseñado de acuerdo con la naturaleza y volumen de los residuos a ser almacenados, así como con la forma de estiba a ser empleada.

Los criterios generales que debe contemplar el diseño de las zonas de almacenamiento son:

- *Minimizar riesgos de explosión o emisiones no planificadas*
- *Disponer de áreas separadas para residuos incompatibles*
- *Estar protegido de los efectos del clima*

- *Contar con buena ventilación*
- *Ser techados*
- *Tener pisos estancos, impermeables y resistentes química y estructuralmente*
- *No tener conexiones a la red de drenaje*
- *Poseer sistema de recolección de líquidos contaminados*
- *Permitir la correcta circulación de operarios y del equipamiento de carga*
- *Contar con salidas de emergencia*
- *Contar con sistemas de control de la contaminación de acuerdo al tipo de residuos manejados*

En caso de no ser techado se deberá contar con un sistema de contención y control de líquidos.

Seguridad: El depósito deberá contar con sistema de control de fuego adecuado al tipo de residuos que se maneja. Se dispondrá además de botiquines de primeros auxilios, duchas de emergencia y sistema de lavado de ojos. Los operarios contarán con los equipos de protección personal que sean necesarios.

Manual de operación: se deberá disponer de un manual con instrucciones para la operación general del depósito y de todo el equipamiento, programas de inspección, así como los procedimientos sobre higiene y seguridad. El manual será actualizado regularmente y estará disponible para todo el personal.

Planes de contingencia: se deberá contar con planes y procedimientos de emergencia dirigidos a garantizar la respuesta rápida y apropiada para aquellas situaciones que así lo ameriten. Se prestará especial atención a existencia de procedimientos para derrames, así como la disponibilidad de los elementos necesarios para la contención y reenvasado de los mismos.

Capacitación: quienes realizan tareas dentro depósito tienen que contar con capacitación sobre procedimientos de trabajo, medidas de precaución y seguridad, procedimientos de emergencia y conocer los riesgos a los que están expuestos.

Para el almacenamiento de los TRC se tiene concebido la utilización de los mismos medios de unitarización los cuales serán colocados directamente sobre el piso en forma de bloque en un área bien delimitada para su cuidado y conservación.

Paso 6: Sistema de Control del Proceso

En este paso como se menciona en el capítulo anterior se deben concebir los indicadores de control y seguridad que van a gestionarse durante este proceso para monitorear su desempeño y minimizar la ocurrencia de accidentes que afecten el medio ambiente y la salud de las personas.

Para esta etapa inicial de la implementación del procedimiento propuesto no será diseñado el sistema de control para el proceso.

Aunque se han identificado los riesgos más probables a ocurrir durante la ejecución de este proceso, utilizando el procedimiento de Trabajo Seguro (AST), en el cual se identifican por cada actividad concebida los riesgos, sus consecuencias y las medidas que se proponen para su eliminación o minimización. (**Ver Anexo 20**)

3.3.- Conclusiones Parciales del Capítulo 3

De los resultados obtenidos en este capítulo se han arribado a las conclusiones siguientes:

- En Cuba se genera anualmente de más de un millón de toneladas de desechos peligrosos, los cuales son controlados por el CITMA y según datos del Inventario del 2009 la mayor parte se localizan entre el occidente y centro del país, con un 48,88% y 38,46%, respectivamente.
- Hoy se propone la creación de un Confinatorio en las instalaciones de la exCEN ubicada en la provincia de Cienfuegos, en el cual se realice a nivel nacional el almacenamiento, tratamiento y disposición final de todo los residuos peligrosos identificados en el País.
- Para desarrollar este proyecto es necesario la implementación de un procedimiento de gestión logística de estos residuos, que garantice la manipulación, transporte, almacenamiento y tratamientos con el menor riesgo posible y cumpliendo la normativas vigentes.
- Los TRC conteniendo Plomo es uno de los residuos que se van a confinar en la primera etapa del proyecto, los cuales contienen aproximadamente 958.98 kg., y se encuentran hoy almacenados en 21 empresas del país.
- Con la implementación del procedimiento propuesto se identifican las características esenciales de los TRC conteniendo Plomo, así como se realiza un análisis de las disponibilidades existentes y necesarias y se describe de manera

general las actividades del proceso con los principales riesgos asociados a las mismas.

- Además con la implementación del procedimiento se aplica un modelo matemático para determinar las rutas a seguir para la recolección de los TRC conteniendo Plomo localizados a nivel nacional, obteniéndose 9 rutas principales, una que agrupa las provincias de Granma y Santiago de Cuba y 8 por las restantes provincias.



Conclusiones



Conclusiones:

Con la investigación realizada arribamos a las siguientes conclusiones:

1. Conociendo las tendencias actuales sobre la logística, el tratamiento y manejo de los residuos peligrosos a nivel internacional como nacional se adquiere gran caudal de conocimiento que propician un correcto accionar.
2. La provincia de Cienfuegos fue seleccionada para la creación a nivel nacional de un Confinatorio de Desechos Peligrosos en la antigua CEN, proyecto que responde a la centralización de estos desechos dando respuesta a la prioridad del gobierno en la preservación del medio ambiente y la salud.
3. Al diseñar un procedimiento para la gestión logística de los desechos peligrosos que se ejecutará en el Confinatorio se tomó como referencia el análisis de los aspectos positivos y negativos en los centros existentes a nivel mundial, lo que permite llevar a cabo la organización, el control y recursos asociados de una forma exhaustiva .
4. Con la implementación del procedimiento para la gestión logística de los desechos peligrosos en los TRC con Plomo obtuvimos los siguientes resultados:
 - ❖ Se determina que el plomo afecta la salud y el medio ambiente por su toxicidad.
 - ❖ Se identifica la presencia de esta sustancia como una de las de mayor existencia en el país.
 - ❖ Existe un balance entre las disponibilidades logísticas necesarias y las definidas en el proyecto atendiendo a:
 - ✚ Medios de contención
 - ✚ Medios de manipulación
 - ✚ Medios de almacenamiento
 - ✚ Medios de transportación
5. Esta investigación utilizando el Confinatorio como punto de partida para la recolección de los tubos de rayos catódicos se proponen 9 rutas a seguir en las cuales se recorren aproximadamente 6134 kilómetros.



Recomendaciones



Recomendaciones:

De los resultados obtenidos en el desarrollo de la investigación se proponen las recomendaciones siguientes:

- ❖ Proponer al CITMA la actualización del inventario de desechos peligrosos en el país por ser un documento primordial a tener en cuenta en el proyecto.
- ❖ Capacitar al personal que laborará en las actividades de manipulación, transportación, almacenamiento, tratamiento y disposición final que garantice el éxito en ellas.
- ❖ Tomar como referencia el procedimiento logístico propuesto dándole continuidad en otras investigaciones para el desarrollo de las etapas no implementadas.
- ❖ Analizar las otras posibilidades de rutas utilizando más medios de transporte con el objetivo de disminuir la cantidad de viajes a cada empresa donde se encuentran los residuos.



Bibliografía



Bibliografía:

Asamblea Nacional del poder popular. Ley 81 de Medio Ambiente, Pub. L. No. 81 (1997).

Basilio Balli Morales. (s. f.). La Logística Reversa o Inversa, Aporte al Control de Devoluciones y Residuos en la Gestión de la Cadena de Abastecimiento.

Recuperado a partir de basioballi@usantotomas.edu.co

BUTLER, S. (2004). Reverse logistic moves forward.

Carrefour. (2000). La implantación de la Logística Inversa en una Multinacional de la Distribución.

Centro Nacional de Investigaciones Científicas. (2005). Redalyc.Manejo de los Desechos Peligrosos Hospitalarios. Recuperado a partir de www.redalyc.org/pdf/1812/181220525005.pdf

Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. (1995). Material Docente del Taller de Introducción a la Evaluación y Manual de Riesgos. Elementos para establecer políticas de Salud Ambiental.

Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. (1997). Introducción a la toxicología ambiental.

CEPIS/OPS/OMS. (1994). Serie Ambiental.

CITMA. (1999). Resolución 87 Regulaciones para el ejercicio de las funciones de la Autoridad Nacional y Punto de Contacto del Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de Desechos Peligrosos y su Eliminación y otras Disposiciones para la gestión ambientalmente racional de estos desechos.

COSIDÓ, I. (2003). Por una Defensa sostenible.

DÍAZ, A., ÁLVAREZ, M. J, & GONZÁLEZ, P. (2004). *Logística inversa y*

medioambiental. Madrid: Mcgraw Hil.

García Olivares, A. A. (2004). *Recomendaciones táctico – operativas para implementar un programa de Logística Inversa*. México: EUMED.

GUPTA, M., & VEERAKAMOLMAL, P. (2000). Optimizing the supply chain in reverse logistics, Laboratory for Responsible Manufacturing.

Hernández, FC, & Valle, RH. (1992). *Manejo y disposición de residuales peligrosos en Cuba. En: Memorias del Congreso de la Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Tomo II*. La Habana: AIDIS.

INCOTEC. (2009). Revista de Logística. Recuperado a partir de <http://www.revistadelogistica.com/auxilio-mercancias-peligrosas.asp>

La responsabilidad por la generación, manejo y disposición. (s. f.). Recuperado a partir de www.azc.uam.mx/publicaciones/alegatos/pdfs/32/35-09.pdf

LOGISPRO. (<http://www.eco-petrol.com.ar/peligrosos.htm>). Residuos Peligrosos.

Maeso González, E. (s. f.). Logística Inversa: Realidad o Desafío. II Conferencia de Ingeniería de Organización.

MARIEN, E. (1998). Reverse logistics as competitive strategy.

MINSAP. (2004). Informe sobre generación de desechos hospitalarios.

Molina, E.E. (s. f.). Plomo. Recuperado a partir de www.profesormolina.com.ar/electromec/plomo.htm

ORTEGA, M. A. (2003). Logística inversa. Situación actual de los sectores significativos.

Plomo y su contaminación. (s. f.). Recuperado a partir de http://www.marn.gob.gt/sub/portal_estocolmo/documents/plomoysucontaminacion.pdf

PNUMA. (1989). Naciones Unidas. Programa para el medio ambiente. Convenio de

Basilea sobre los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación final.

Producciones de Plomo. (s. f.). Recuperado a partir de

[http://www.estrucplan.com.ar/Produccionesde plomo/entrega.asp?IdEntrega=3250](http://www.estrucplan.com.ar/Produccionesde%20plomo/entrega.asp?IdEntrega=3250)

REVLOG. (2003). La Logística Empresarial: a puertas del nuevo milenio. Recuperado a partir de <http://magno.uab.es/fundacio-empresa-ciencia/resum%20castella.doc>

RODRÍGUEZ, J. J, & Irabien, A. (1999). *Los Residuos Peligrosos: caracterización, tratamiento y gestión*. España: Síntesis.

Rogers & Tibben–Lembke. (2003). Reverse Logistics Executives Council.

Soto, J. P. (2003). las devoluciones en el plan de producción. Recuperado a partir de [://www.cel-logistica.org/s/articulos2.html](http://www.cel-logistica.org/s/articulos2.html)

The European Working Group Reverse Logistics. (s. f.). REVLOG (2003) GAT is reverse logistics? Recuperado a partir de <http://fnk.eur.nl/OZ/REVLOG/Introduction.htm>

Tubos de Rayos Catódicos. (s. f.). Recuperado a partir de <http://www.istas.ccoo.es/descargas/TRC.pdf>

Universidad de Extremadura. (2001). XI Congreso Nacional de la Asociación Científica de Economía y Dirección de las Empresas.

Urquiaga Rodríguez.A. J, & Hevia Lanier, F. (2001). *Los estudios realizados son de ingeniería industrial y se encuentra impartiendo clases e investigando fundamentalmente en la rama de la Logística y la Gestión de la producción*. La Habana: ISPJAE. Recuperado a partir de ajur@ind.cujae.edu.cu



Alexis



Anexo1: Corrientes de desechos, Desechos que tengan como constituyentes **Fuente:** Convenio de Basilea, 1989.

<u>Corrientes de desechos</u>
Y1 Desechos clínicos resultantes de la atención médica prestada en hospitales, centros médicos y clínicas.
Y2 Desechos resultantes de la producción y preparación de productos farmacéuticos
Y3 Desechos de medicamentos y productos farmacéuticos
Y4 Desechos resultantes de la producción, la preparación y la utilización de biocidas y productos fitofarmacéuticos.
Y5 Desechos resultantes de la fabricación, preparación y utilización de productos químicos para la preservación de la madera
Y6 Desechos resultantes de la producción, la preparación y la utilización de disolventes orgánicos
Y7 Desechos, que contengan cianuros, resultantes del tratamiento térmico y las operaciones de temple
Y8 Desechos de aceites minerales no aptos para el uso a que estaban destinados
Y9 Mezclas y emulsiones de desechos de aceite y agua o de hidrocarburos y agua
Y10 Sustancias y artículos de desecho que contengan, o estén contaminados por, bifenilos policlorados (PCB), terfenilos policlorados (PCT) o bifenilos polibromados (PBB)
Y11 Residuos alquitranados resultantes de la refinación, destilación o cualquier otro tratamiento pirolítico

Y12 Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas o barnices
Y13 Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de resinas, látex, plastificantes o colas y adhesivos
Y14 Sustancias químicas de desecho, no identificadas o nuevas, resultantes de la investigación y el desarrollo o de las actividades de enseñanza y cuyos efectos en el ser humano o el medio ambiente no se conozcan
Y15 Desechos de carácter explosivo que no estén sometidos a una legislación diferente
Y16 Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de productos químicos y materiales para fines fotográficos
Y17 Desechos resultantes del tratamiento de superficie de metales y plásticos
Y18 Residuos resultantes de las operaciones de eliminación de desechos industriales

<u>Desechos que tengan como constituyentes:</u>
Y19 Metales carbonilos
Y20 Berilio, compuestos de berilio
Y21 Compuestos de cromo hexavalente
Y22 Compuestos de cobre
Y23 Compuestos de zinc
Y24 Arsénico, compuestos de arsénico
Y25 Selenio, compuestos de selenio
Y26 Cadmio, compuestos de cadmio

Y27 Antimonio, compuestos de antimonio
Y28 Telurio, compuestos de telurio
Y29 Mercurio, compuestos de mercurio
Y30 Talio, compuestos de talio
Y31 Plomo, compuestos de plomo
Y32 Compuestos inorgánicos de flúor, con exclusión del fluoruro cálcico
Y33 Cianuros inorgánicos
Y34 Soluciones ácidas o ácidos en forma sólida
Y35 Soluciones básicas o bases en forma sólida
Y36 Asbesto (polvo y fibras)
Y37 Compuestos orgánicos de fósforo
Y38 Cianuros orgánicos
Y39 Fenoles, compuestos fenólicos, con inclusión de clorofenoles
Y40 Éteres
Y41 Solventes orgánicos halogenados
Y42 Disolventes orgánicos, con exclusión de disolventes halogenados
Y43 Cualquier sustancia del grupo de los dibenzofuranos policlorados
Y44 Cualquier sustancia del grupo de las dibenzoparadioxinas policloradas

Y45 Compuestos organohalogenados, que no sean las sustancias mencionadas en el presente anexo (por ejemplo, Y39, Y41, Y42, Y43, Y44).

Categorías de desechos que requieren de una consideración especial

Y46 Desechos recogidos de los hogares

Y47 Residuos resultantes de la incineración de desechos de los hogares

Anexo 2: Lista de características peligrosas. **Fuente:** Convenio de Basilea, 1989

Clase N.U.¹	Código	Características
1	H1	Explosivos: Por sustancia explosiva o desecho se entiende toda sustancia o desecho sólido o líquido (o mezcla de sustancias o desechos) que por sí misma es capaz, mediante reacción química, de emitir un gas a una temperatura, presión y velocidad tales que puedan ocasionar daño a la zona circundante.
3	H3	Líquidos inflamables: Por líquidos inflamables se entiende aquellos líquidos, o mezclas de líquidos, o líquidos con sólidos en solución o suspensión (por ejemplo, pinturas, barnices, lacas, etc. Pero sin incluir sustancias o desechos clasificados de otra manera debido a sus características peligrosas) que emiten vapores inflamables a temperaturas no mayores de 60.5°C, en ensayos con cubeta cerrada, o no más de 65.6°C, en ensayos con cubeta abierta. (Como los resultados de los ensayos con cubeta abierta y con cubeta cerrada no son estrictamente comparables, e incluso los resultados obtenidos mediante un mismo ensayo a menudo difieren entre sí, la reglamentación que se apartara de las cifras antes mencionadas para tener en cuenta tales diferencias sería compatible con el espíritu de esta definición.)
4.1	H4.1	Sólidos inflamables: Se trata de los sólidos, o desechos sólidos, distintos a los clasificados como explosivos, que en las condiciones prevalecientes durante el transporte son fácilmente combustibles o pueden causar un incendio o contribuir al mismo, debido a la fricción.
4.2	H4.2	Sustancias o desechos susceptibles de combustión espontánea: Se trata de sustancias o desechos

		susceptibles de calentamiento espontáneo en las condiciones normales del transporte, o de calentamiento en contacto con el aire, y que pueden entonces encenderse.
4.3	H4.3	Sustancias o desechos que, en contacto con el agua, emiten gases inflamables. Sustancias o desechos que, por reacción con el agua, son susceptibles de inflamación espontánea o de emisión de gases inflamables en cantidades peligrosas.
5.1	H5.1	Oxidantes. Sustancias o desechos que, sin ser necesariamente combustibles, pueden, en general, al ceder oxígeno, causar o favorecer la combustión de otros materiales.
5.2	H5.2	Peróxidos orgánicos. Las sustancias o los desechos orgánicos que contienen la estructura bivalente -O-O- son sustancias inestables térmicamente que pueden sufrir una descomposición autoacelerada exotérmica.
6.1	H6.1	Tóxicos (venenos) agudos. Sustancias o desechos que pueden causar la muerte o lesiones graves o daños a la salud humana, si se ingieren o inhalan o entran en contacto con la piel.
6.2	H6.2	Sustancias infecciosas. Sustancias o desechos que contienen microorganismos viables o toxinas, agentes conocidos o supuestos de enfermedades en los animales o en el hombre.
8	H8	Corrosivos. Sustancias o desechos que, por acción química, causan daños graves en los tejidos vivos que tocan, o que, en caso de fuga, pueden dañar gravemente, o hasta destruir, otras mercancías o los medios de transporte; o pueden también provocar otros peligros.
9	H10	Liberación de gases tóxicos en contacto con el aire o el agua. Sustancias o desechos que, por reacción con el aire o el agua, pueden emitir gases tóxicos en cantidades peligrosas.
9	H11	Sustancias tóxicas (con efectos retardados o crónicos).

		Sustancias o desechos que, de ser aspirados o ingeridos, o de penetrar en la piel, pueden entrañar efectos retardados o crónicos, incluso la carcinogenia.
9	H12	Ecotóxicos. Sustancias o desechos que, si se liberan, tienen o pueden tener efectos adversos inmediatos o retardados en el medio ambiente, debido a la bioacumulación o los efectos tóxicos en los sistemas bióticos.
9	H13	Sustancias que pueden, por algún medio, después de su eliminación, dar origen a otra sustancia, por ejemplo, un producto de lixiviación, que posee alguna de las características arriba expuestas.

¹ Corresponde al sistema de numeración de clases de peligros de las Recomendaciones de las Naciones Unidas sobre el Transporte de Mercaderías Peligrosas (ST/SG/AC.10/1/Rev.5, Naciones Unidas, Nueva York, 1988).

Anexo 3: Catálogo Europeo de Residuos. **Fuente:** Convenio de Basilea, 1989

Catálogo Europeo de Residuos (Resumen del Catálogo)

13 RESIDUOS DE ACEITE (excepto aceites comestibles y los capítulos 05 y 12)

13 01 Residuos de aceites hidráulicos y de líquidos de freno

13 01 01* Aceites hidráulicos que contienen PCB o PCT

13 01 02* Otros aceites hidráulicos clorados (no emulsionados)

13 01 03* Aceites hidráulicos no clorados (no emulsionados)

13 01 04* Emulsiones cloradas

13 01 05* Emulsiones no cloradas

13 01 06* Aceites hidráulicos que contienen sólo aceite mineral

13 01 07* Otros aceites hidráulicos

13 01 08* Líquidos de freno

13 02 Residuos de aceites de motor, de transmisión mecánica y lubricantes

13 02 01* Aceites clorados de motor, de transmisión mecánica y lubricantes

13 02 02* Aceites no clorados de motor, de transmisión mecánica y lubricantes

13 02 03* Otros aceites de motor, de transmisión mecánica y lubricantes

13 03 Aceites y otros líquidos residuales de aislamiento y transmisión de calor

13 03 01* Aceites y otros líquidos de aislamiento y transmisión de calor que contienen PCB o PCT

13 03 02* Otros aceites y líquidos clorados de aislamiento y transmisión de calor

13 03 03* Aceites y otros líquidos no clorados de aislamiento y transmisión de calor

13 03 04* Aceites y otros líquidos sintéticos de aislamiento y transmisión de calor

13 03 05* Aceites minerales de aislamiento y transmisión de calor

13 04 Aceites de sentinas

13 04 01* Aceites de sentinas procedentes de la navegación en aguas continentales

13 04 02* Aceites de sentinas recogidos en muelles

13 04 03* Aceites de sentinas procedentes de otra navegación

13 05 Restos de separadores agua/sustancias aceitosas

13 05 01* Sólidos de separadores agua/sustancias aceitosas

13 05 02* Lodos de separadores agua/sustancias aceitosas

13 05 03* Lodos de interceptores

13 05 04* Lodos o emulsiones de desalación

13 05 05* Otras emulsiones

13 06 Residuos de aceite no especificados en otra categoría

13 06 01* Residuos de aceite no especificados en otra categoría

16 RESIDUOS NO ESPECIFICADOS EN OTROCAPÍTULO DE LA LISTA

16 01 Vehículos fuera de uso y sus componentes

16 01 03 Neumáticos fuera de uso

16 01 04 Vehículos fuera de uso

16 01 06 Vehículos fuera de uso después de extraer sus líquidos

y otros componentes peligrosos

16 01 99 Residuos no especificados en otra categoría

16 02 Equipos desechados y sus componentes

16 02 09* Transformadores y condensadores que contienen PCB o PCT

16 02 10* Equipos desechados que contienen PCB o PCT ocontaminados por ellos distintos de los especificados en el código 16 02 09

16 02 11* Equipos desechados que contienen clorofluorocarbonos

16 02 12* Equipos desechados que contienen amianto libre

16 02 13* Equipos desechados que contienen componentes peligrosos distintos de los especificados en los códigos 16 02 09 a 16 02 12

16 02 14 Equipos desechados distintos de los especificados en los códigos 16 02 09 a 16

02 13 16 02 15* Componentes peligrosos retirados de los equipos desechados

16 02 16 Componentes peligrosos procedentes de equipos desechados distintos de los especificados en el código 16 02 15

Directivas de la Comunidad Europea

2001/532/CE, 2000/532/CE, 94/3/CE, 91/689/CEE y 75/442/CEE.

Categorías:

Q1 Residuos de producción o de consumo no especificados a continuación.

Q2 Productos que no respondan a las normas.

Q3 Productos caducados.

Q4 Materias que se hayan vertido por accidente, que se hayan perdido o que hayan sufrido cualquier otro incidente con inclusión del material, del equipo, etc., contaminado a causa del incidente en cuestión.

Q5 Materias contaminadas o ensuciadas a causa de actividades voluntarias (por ejemplo, residuos de operaciones de limpieza, materiales de embalaje, contenedores, etc).

Q6 Elementos inutilizables (por ejemplo, baterías fuera de uso, catalizadores gastados, etc).

Q7 Sustancias que hayan pasado a ser inutilizables (por ejemplo, ácidos contaminados, disolventes contaminados, sales de temple agotadas, etc).

Q8 Residuos de procesos industriales (por ejemplo, escorias, fondos de destilación, etc).

Q9 Residuos de procesos de descontaminación (por ejemplo, barro de lavado de gas, polvo de filtros de aire, filtros gastados, etc).

Q10 Residuos de mecanización/acabado (por ejemplo, virutas de torneado o fresado, etc).

Q11 Residuos de extracción y preparación de materias primas (por ejemplo, residuos de explotación minera o petrolera, etc).

Q12 Materia contaminada (por ejemplo, aceite contaminado con PCB, etc).

Q13 Toda materia, sustancia o producto cuya utilización esté prohibida por la ley.

Q14 Productos que no son de utilidad o que ya no tienen utilidad para el poseedor (por ejemplo, artículos desechados por la agricultura, los hogares, las oficinas, los almacenes, los talleres, etc).

Q15 Materias, sustancias o productos contaminados procedentes de actividades de regeneración de terrenos.

Q16 Toda sustancia, materia o producto que no esté incluido en las categorías anteriores.

Características

H1. Explosivo: se aplica a sustancias y preparados que pueden explotar bajo el efecto de la llama o que son más sensibles a los choques o las fricciones que el dinitrobenceno.

H2. Comburente: se aplica a sustancias y preparados que presentan reacciones altamente exotérmicas al entrar en contacto con otras sustancias, en particular sustancias inflamables.

H3-A. Fácilmente inflamables: se aplica a sustancias y preparados líquidos que tengan un punto de inflamación inferior a 21 °C, o sustancias o preparados que puedan calentarse y finalmente inflamarse en contacto con el aire a temperatura ambiente sin aplicación de

energía, o sustancias o preparados sólidos que puedan inflamarse fácilmente tras un breve contacto con una fuente de ignición y que continúen ardiendo o consumiéndose después del alejamiento de la fuente de ignición, o sustancias o preparados gaseosos que sean inflamables en el aire a presión normal, o sustancias o preparados que, en contacto con agua o con aire húmedo, emitan gases fácilmente inflamables en cantidades peligrosas.

H3-B. Inflamable: se aplica a sustancias o preparados líquidos que tengan un punto de inflamación superior o igual a 21 °C y inferior o igual a 55 °C.

H4. Irritante: se aplica a sustancias y preparados no corrosivos que puedan causar reacción inflamatoria por contacto inmediato, prolongado o repetido con la piel o las mucosas.

H5. Nocivo: se aplica a sustancias y preparados que por inhalación, ingestión o penetración cutánea puedan entrañar riesgos de gravedad limitada para la salud.

H6. Tóxico: se aplica a sustancias y preparados (incluidos los preparados y sustancias muy tóxicos) que por inhalación, ingestión o penetración cutánea puedan entrañar riesgos graves, agudos o crónicos e incluso la muerte.

H7. Cancerígeno: se aplica a sustancias o preparados que por inhalación, ingestión o penetración cutánea puedan producir cáncer o aumentar su frecuencia.

H8. Corrosivo: se aplica a sustancias o preparados que pueden destruir tejidos vivos al entrar en contacto con ellos.

H9. Infecciosos: se aplica a sustancias que contienen microorganismos viables, o sus toxinas, de los que se sabe o existen razones fundadas para creer que causan enfermedades en el ser humano o en otros organismos vivos.

H10. Teratogénico (Tóxico para la reproducción): se aplica a sustancias o preparados que por inhalación, ingestión o penetración cutánea puedan producir malformaciones congénitas no hereditarias o aumentar su frecuencia, o afectar en forma negativa a la función o capacidad reproductora masculina o femenina.

H11. Mutagénico: se aplica a sustancias o preparados que por inhalación, ingestión o penetración cutánea puedan producir defectos genéticos hereditarios o aumentar su frecuencia.

H12. Sustancias o preparados que emiten gases tóxicos o muy tóxicos al entrar en contacto con el aire, agua o algún ácido.

H13. Sustancias o preparados susceptibles, después de su eliminación, de dar lugar a otra sustancia por un medio cualquiera, por ejemplo, un lixiviado que posee alguna de las características enumeradas anteriormente.

H14. Ecotóxico: se aplica a sustancias y preparados que presentan o pueden presentar riesgos inmediatos o diferidos para el medio ambiente.

Anexo 4: Incompatibilidades químicas de desechos

Tabla No.26. Incompatibilidades del Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación INCOTEC

Clase UN														
Clase UN	1	2.1	2.2	2.3	3	4.1	4.2	4.3	5.1	5.2	6.1	7	8	9
	Yellow	Red	Yellow	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Yellow	Yellow	Red	Yellow
	Red	Green	Yellow	Yellow	Green	Green	Yellow	Green	Red	Red	Yellow	Yellow	Green	Yellow
	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow
	Red	Yellow	Green	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Yellow	Green	Yellow	Yellow
	Red	Green	Yellow	Red	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red	Yellow	Yellow	Green	Yellow
	Red	Green	Yellow	Red	Green	Green	Green	Green	Red	Red	Yellow	Yellow	Green	Yellow
	Red	Yellow	Green	Red	Yellow	Green	Green	Green	Red	Red	Yellow	Yellow	Green	Yellow
	Red	Green	Yellow	Red	Yellow	Green	Green	Green	Red	Red	Yellow	Yellow	Green	Yellow
	Red	Red	Yellow	Red	Red	Red	Red	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow
	Red	Red	Yellow	Red	Red	Red	Red	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow								
	Yellow	Yellow	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow
	Red	Green	Yellow	Yellow	Green	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow								

Legenda: Rojo-Alto riesgo, Amarillo-Riesgo moderado, Verde-No existe reacción

	 Inflamables	 Explosivos	 Tóxicos	 Comburentes	 Nocivos Irritantes	 Corrosivos
 Inflamables	+	-	-	-	+	-
 Explosivos	-	+	-	-	-	-
 Tóxicos	-	-	+	-	+	-
 Comburentes	-	-	-	+	o	-
 Nocivos Irritantes	+	-	+	o	+	-
 Corrosivos	-	-	-	-	-	+
+	Se pueden almacenar conjuntamente					
o	Solamente podrán almacenarse juntas si se adoptan ciertas medidas específicas de prevención					
-	No deben almacenarse juntas					

GRUPO A-1	GRUPO B-1
<ul style="list-style-type: none"> a) Lodo de acetileno b) Líquidos fuertemente alcalinos c) Líquidos de limpieza alcalinos d) Líquidos alcalinos corrosivos e) Líquido alcalino de batería f) Aguas residuales alcalinas g) Lodo de cal y otros álcalis corrosivos h) Soluciones de cal i) Soluciones cáusticas gastadas 	<ul style="list-style-type: none"> a) Lodos ácidos b) Soluciones ácidas c) Ácidos de batería d) Líquidos diversos de limpieza e) Electrólitos ácidos f) Líquidos utilizados para grabar metales g) Componentes de líquidos de limpieza h) Baños de decapado y otros ácidos corrosivos i) Ácidos gastados j) Mezcla de ácidos residuales k) Acido sulfúrico residual
Efectos de la mezcla de desechos del GRUPO A-1 con los del GRUPO B-1: generación de calor, reacción violenta.	

GRUPO A-2	GRUPO B-2
<ul style="list-style-type: none"> a) Desechos de asbesto b) Desechos de berilio c) Embalajes vacíos contaminados con plaguicidas d) Desechos de plaguicidas e) Otras sustancias tóxicas 	<ul style="list-style-type: none"> a) Solventes de limpieza de componentes electrónicos b) Explosivos obsoletos c) Desechos de petróleo d) Desechos de refinerías e) Solventes en general f) Desechos de aceite y otros desechos inflamables y explosivos
Efectos de la mezcla de desechos del GRUPO A-2 con los del GRUPO B-2: emisión de sustancias tóxicas en caso de fuego o explosión.	

GRUPO A-3	GRUPO B-3
<ul style="list-style-type: none"> a) Aluminio b) Berilio c) Calcio d) Litio e) Potasio f) Sodio g) Zinc en polvo, otros metales reactivos e hidruros metálicos 	Desechos del GRUPO A-1 o B-1
Efectos de la mezcla de desechos del GRUPO A-3 con los del GRUPO B-3: fuego o explosión, generación de hidrógeno gaseoso inflamable.	

GRUPO A-4	GRUPO B-4
a) Alcoholes b) Soluciones acuosas en general	a) Desechos concentrados de los GRUPOS A-1 o B-1 b) Calcio c) Litio d) Hidruros metálicos e) Potasio f) SO ₂ Cl ₂ , SOCl ₂ , PCl ₃ , CHSiCl ₃ y otros desechos reactivos con agua
Efectos de la mezcla de desechos del GRUPO A-4 con los del GRUPO B-4: Fuego, explosión o generación de calor, generación de gases inflamables o tóxicos.	

GRUPO A-5	GRUPO B-5
a) Alcoholes b) Aldehídos c) Hidrocarburos halogenados d) Hidrocarburos nitrados y otros compuestos reactivos, y solventes e) Hidrocarburos insaturados	a) Desechos del GRUPO A-1 o B-1 b) Desechos del GRUPO A-3
Efectos de la mezcla de desechos del GRUPO A-5 con los del GRUPO B-5: fuego, explosión o reacción violenta.	

GRUPO A-6	GRUPO B-6
Soluciones gastadas de cianuros o sulfuros	Desechos del GRUPO B-1
Efectos de la mezcla de desechos del GRUPO A-6 con los del GRUPO B-6: fuego, explosión o reacción violenta.	

GRUPO A-7	GRUPO B-7
a) Cloratos y otros oxidantes fuertes b) Cloro c) Cloritos d) Ácido crómico e) Hipocloritos f) Nitratos g) Ácido nítrico humeante h) Percloratos i) Permanganatos j) Peróxidos	a) Ácido acético y otros ácidos orgánicos b) Ácidos minerales concentrados c) Desechos del GRUPO B-2 d) Desechos del GRUPO A-3 e) Desechos del GRUPO A-5 y otros desechos combustibles inflamables
Efectos de la mezcla de desechos del GRUPO A-7 con los del GRUPO B-7: fuego, explosión o reacción violenta.	

1	Oxidantes Ácidos minerales	1																			
2	Cáusticos	C	2																		
3	Hidrocarburos aromáticos	C, F		3																	
4	Orgánicos halogenados	C, F, GT	C, GI		4																
5	Metales	GI, CF				C, F	5														
6	Metales tóxicos	S	S								6										
7	Hidrocarburos alifáticos	C, F																		7	
8	Fenoles y cresoles	C, F																		8	
9	Agentes oxidantes fuertes		C	C, F		C, F	C	C												9	
10	Agentes reductores fuertes	C, F, GT			C, GT							GI, C	C, F, E	10							
11	Agua y mezclas que la contiene	C			C, E		S													GI, GT	11
12	Sustancias reactivas en agua	Extremadamente reactivas, no mezclar con ningún producto químico o material de desecho																		12	

- E Explosivos
- F Fuego
- GI Gas inflamable
- GT Gas tóxico
- C Generador de calor
- S Solubilización de toxinas

Anexo 5: Algunos símbolos universales de identificación de peligro. **Fuente:** Convenio de Basilea, 1989

	<p>Símbolo Universal de Riesgo Biológico</p>
	<p>Irritantes. Provocan afectaciones locales reversibles como inflamación en los tejidos expuestos.</p>
	<p>Nocivas: sustancias que si son inhaladas, ingeridas o absorbidas a través de la piel pueden traer efectos sobre la salud.</p>
	<p>Corrosivas. Destruyen las superficies con las que entran en contacto.</p>
	<p>Tóxicas. Cualquier material que pueda dañar al individuo, con efectos agudos o crónicos (desde una irritación local hasta la muerte).</p>
<p>T</p> 	<p>Altamente tóxicas o venenosas: Sustancias que pueden tener efectos agudos o crónicos en extremo serios e incluso letales.</p>
	<p>Inflamables: Son las que arden fácilmente, entre temperaturas de 21 °C o más y hasta los 55 °C.</p>

Clase 1 **1** Explosivos

División 1.1 Explosivos con riesgo de explosión en masa
División 1.2 Explosivos con riesgo de proyección
División 1.3 Explosivos con riesgo predominante de incendio



División 1.4 Explosivos sin riesgo significativo de explosión



División 1.5 Explosivos muy insensibles; agentes explosivos



División 1.6 Materiales detonantes extremadamente insensibles

Clase 2 **2** Gases

División 2.1 Gases inflamables



División 2.2 Gases comprimidos no inflamables, no tóxicos

División 2.3 Gases tóxicos por inhalación



División 2.4 Gases corrosivos

Clase 3 **3** Líquidos inflamables



Clase 4 **4** Sólidos inflamables, sustancias propensas a la combustión espontánea y sustancias que en contacto con agua emiten gases inflamables

División 4.1 Sólidos inflamables



División 4.2 Sustancias propensas a la combustión espontánea

División 4.3 Sustancias que en contacto con agua emiten gases inflamables



Clase 5 **5** Sustancias oxidantes y peróxidos orgánicos

División 5.1 Sustancias oxidantes



División 5.2 Peróxidos orgánicos

Clase 6 **6** Sustancias tóxicas (venenosas) y sustancias infecciosas

División 6.1 Sustancias tóxicas



División 6.2 Sustancias infecciosas

Clase 7 **7** Materiales radiactivos



Clase 8 **8** Materiales corrosivos



Clase 9 **9** Materiales peligrosos varios

División 9.1 Cargas peligrosas que no pueden ser incluidas en las clases anteriores
División 9.2 Sustancias peligrosas para el medio ambiente
División 9.3 Residuos peligrosos



Anexo 6: Ficha Informativa de Residuos Peligrosos. **Fuente:** Elaboración propia

Nombre Completo del Residuo:	Plomo
Formula Quimica del Residuo:	Pb
Otros Nombres del Residuo:	-
Clasificaciones según las Resoluciones:	<p>Sistema de numeración de clases de peligros de las Recomendaciones de las Naciones Unidas sobre el Transporte de Mercaderías Peligrosas (ST/SG/AC.10/1/Rev.5, Naciones Unidas, Nueva York, 1988).</p> <p>Categoría: Y31Plomo y compuestos de plomo.</p> <p>Característica: 9 H11. Sustancias tóxicas (con efectos retardados o crónicos): Sustancias o desechos que, de ser aspirados o ingeridos, o de penetrar en la piel, pueden entrañar efectos retardados o crónicos, incluso la carcinogenia.</p> <p>Catálogo Europeo de Residuos</p> <p>16 02 15* Componentes peligrosos retirados de los equipos desechados.</p> <p>Categoría: Q16 Toda sustancia, materia o producto que no esté incluido en las categorías anteriores.</p> <p>Característica: H6. Tóxico: se aplica a sustancias y preparados (incluidos los preparados y sustancias muy tóxicos) que por inhalación, ingestión o penetración cutánea puedan entrañar riesgos graves, agudos o crónicos e incluso la muerte.</p> <p>Característica: H7. Cancerígeno: se aplica a sustancias o preparados que por inhalación, ingestión o penetración cutánea puedan producir cáncer o aumentar su frecuencia.</p> <p>Organización de Naciones Unidas (ONU)</p> <p>La ONU clasifica los residuos tóxicos en la Clase 6</p> <p>En Cuba</p> <p>Se utiliza la Clasificación del Anexo I del Convenio de Basilea.</p>

	<p>Categoría: Y31 Plomo y compuestos de plomo.</p> <p>Característica: 9 H11. Sustancias tóxicas (con efectos retardados o crónicos): Sustancias o desechos que, de ser aspirados o ingeridos, o de penetrar en la piel, pueden entrañar efectos retardados o crónicos, incluso la carcinogénesis.</p>
<p>Toxicidad e Incompatibilidades: Tóxico (causa envenenamiento). El plomo no es compatible con agentes oxidantes (percloratos, peróxidos permanganatos, cloratos, nitratos, cloro, bromo y flúor); ácidos fuertes (clorhídrico, sulfúrico y nítrico); zirconio, azida sódica; actiluro sódico y trifluoruro. Reacciona con el ácido nítrico formando el nitrato soluble en agua. Lo mismo sucede con el ácido acético y otros ácidos orgánicos leves, formando las sales correspondientes. En el caso del ácido sulfúrico concentrado este forma sulfato de plomo, el cual es insoluble y forma una capa protectora sobre el metal. Con ácido clorhídrico la reacción es muy lenta y el cloruro correspondiente es poco soluble en agua. El plomo al ser anfotérico, reacciona con álcalis formando plumbatos y plumbitos por lo que debe evitarse un contacto prolongado de este metal con cemento fresco o concreto. Reacción violenta o explosiva con el nitrato de amonio fundido por debajo de 200 °C, al igual que con acetiluro de sodio, peróxido de hidrógeno, azida de sodio y circonio. Su contacto con trifluoruro de cloro es violento produciéndose la ignición. Esta sustancia en polvo o sólida y el peróxido de hidrógeno o el nitrato amónico pueden producir reacciones violentas.</p>	
<p>Riesgos asociados a la manipulación:</p> <ol style="list-style-type: none"> 4. El contacto puede irritar la piel y los ojos. 5. La inhalación del polvo puede irritar la nariz, la garganta y el pulmón causando tos, respiración con silbido o falta de aire. 6. La exposición al plomo puede causar dolor de cabeza, náusea, vómitos, pérdida de peso y dolor abdominal. 	
<p>Efectos crónicos sobre la salud:</p> <p>La fatiga, la apatía, la irritabilidad y síntomas gastrointestinales vagos, son algunos signos tempranos de intoxicación crónica por plomo. Otros son: insomnio, confusión, deterioro de la concentración y problemas de memoria. Poli neuropatía distal. La evolución a encefalopatía franca con convulsiones, pérdida de la libido, esterilidad en varones, trastornos menstruales y abortos, aparición de una línea azul gris de pigmentación en las encías (ribete saturnino o de Burton); se destaca además que el plomo atraviesa la placenta.</p>	
<p>Posibilidad de Envasado: Según el manual de la Organización de Naciones Unidas (ONU) se asigna a los PCB al Grupo de Embalaje II: Sustancias y preparados moderadamente peligrosos. Este</p>	

manual plantea que:

En general las condiciones para el envasado por grupo plantean que se pueden transportar estos desechos como cantidad limitada, la cual deberá cumplir que en el envase interior la cantidad del producto no exceda de una cantidad de Kg según la sustancia precisa (para el PCB no se exceda de 1L). Se recomienda que el material del envase interior sea de vidrio, plástico o metal, y los envases exteriores sean bidones o cajas de acero, aluminio, cartón, madera contrachapada o plástico.

En el caso que el desecho se requiera transportar a granel, se recomienda que los recipientes intermedios sean de metal, plástico, compuestos, cartón, madera o flexibles. De estos recipientes los que no sean de metal o plástico rígido, se transportaran en unidades de transporte cerradas. Los recipientes flexibles, de cartón o de madera deberán ser estancos a los pulverulentos y resistentes al agua o estar provistos de un forro con la misma resistencia.

La mejor forma de retirar los condensadores del sitio de origen consiste en sacarlos completos y **colocarlos en contenedores metálicos** que pueden **sellarse** hasta que sean llevados a un sitio de almacenamiento concesionado o a una planta de eliminación autorizada. Las unidades que tengan filtraciones requieren un manejo especializado. Se recomienda que todas las filtraciones sean absorbidas con aserrín, arena o tierra y que las unidades y el material absorbente contaminado sean almacenados en contenedores metálicos para su eliminación. Como los condensadores pueden contener congéneres más volátiles, los grandes derrames o los derrames en espacios confinados podrían requerir el uso de protección respiratoria así como la adopción de medidas para proteger la piel.

Precauciones en los movimientos: Entre las condiciones indispensables para su manipulación y almacenamiento el plomo en polvo debe ser envasado en frascos de cristal y metálicos en bolsas de polietileno almacenándose en un área fresca y ventilada y lejos de sustancias incompatibles y materiales combustibles entre los que encontramos la madera, papel y aceite. Cuando no es posible evitar el uso de plomo, puede evitarse el polvo del metal rociándolo con grandes cantidades de agua para evitar la formación de polvo y su dispersión en el aire. Las ropas de trabajo evitar que tengan vueltas, pliegues y bolsillos en los que pueda acumularse el polvo.

Medios de Protección propuestos: Para manipularlo deben utilizarse guantes piel reforzado, delantal, overall de maga larga libre de pliegues y bolsillos para evitar la acumulación del polvo, botas de protección con casquillos, gafas protectoras y filtro para la respiración.

Anexo 7: Hoja informativa ejemplo de los residuos. Fuente: Elaboración propia

NJ Health **Derecho a Saber**
Hoja Informativa sobre Sustancias Peligrosas

Nombre común: **BIFENILOS POLICLORADOS (POLYCHLORINATED BIPHENYLS)**
 Sinónimos: Arbolor; clorodifenilos; PCB
 Nombre químico: 1,1'-Bifenilo, derivados de cloro
 Fecha: noviembre de 2008 Traducción: diciembre de 2009
 Número CAS: 1336-36-3
 Número Derecho a Saber: 1554
 Número DOT: UN 2315

Descripción y uso

Los bifenilos poliorlorados son líquidos oleosos espesos e incoloros o de color amarillo claro. Se utilizan en líquidos hidráulicos y de transferencia de calor. Antes se utilizaban en transformadores y condensadores eléctricos.

Fuentes que los citan

- Los bifenilos poliorlorados figuran en la Lista de sustancias peligrosas del Derecho a Saber (Right to Know Hazardous Substance List) ya que han sido citados por los siguientes organismos: OSHA, ACGIH, DOT, NIOSH, NTP, OEP, IARC, IRIG, NFPA y EPA.
- Esta sustancia química figura en la Lista de sustancias extremadamente peligrosas para la salud (Special Health Hazard Substance List).

VER EL GLOSARIO EN PÁGINA 4.

PRIMEROS AUXILIOS

- Contacto con los ojos**
- Enjuague los ojos inmediatamente con abundante agua por un mínimo de 15 minutos, levantando los párpados superiores e inferiores. Retire las lentes de contacto al enjuagar, si las usa.
- Contacto con la piel**
- Quite rápidamente la ropa contaminada. Lave inmediatamente la piel contaminada con abundante agua y jabón.
- Inhalación**
- Retire a la víctima del lugar de exposición.
 - Si se ha detenido la respiración, inicie la respiración de rescate (utilizando precauciones universales) y si se ha detenido la acción cardíaca, inicie la reanimación cardiopulmonar.
 - Traslade inmediatamente a la víctima a un centro de atención médica.

TELÉFONOS DE EMERGENCIA

Control de intoxicaciones: 1-800-232-1222
 CHEMTREC: 1-800-424-9300
 Teléfono de emergencia del NJDEP: 1-877-827-6937
 Centro Nacional de Respuesta: 1-800-424-8802

PERSONAL DE EMERGENCIAS >>>> PÁGINA 6
Resumen de riesgos

Evaluación	Departamento	NFPA
SALUD	3	2
INFLAMABILIDAD	-	1
REACTIVIDAD	-	0

CARCINOGENO TERATOGENO
AL INCENDIARSE, SE PRODUCEN GASES TÓXICOS.
 Claves para la evaluación de riesgo: 2=irritante; 1=ácido; 2=moderado; 3=grave; 4=extremo

- Los bifenilos poliorlorados pueden afectarle al inhalarlos y al pasar a través de la piel.
- Los bifenilos poliorlorados deben manipularse como CARCINOGENOS y pueden ser TERATOGENOS. MANIPULENDE CON EXTREMA PRECAUCIÓN.
- El contacto puede irritar la piel y los ojos.
- Los bifenilos poliorlorados podrían causar la pigmentación pardusca de la piel, los ojos y las uñas de las manos.
- El contacto con la piel puede causar una erupción parecida al acné (ioracné).
- La inhalación de vapores puede irritar la nariz, la garganta y el pulmón.
- La exposición a los bifenilos poliorlorados puede causar dolor de cabeza, náusea, vómitos, pérdida de peso y dolor abdominal.
- La alta exposición puede causar daño al sistema nervioso, causando dolor de cabeza, entumecimiento, debilidad y hormigueo en los brazos y las piernas.
- Los bifenilos poliorlorados podrían causar daño al hígado.

Límites de exposición laboral

OSHA: El PEL es de 1 mg/m³ (cloro al 42%) y de 0.6 mg/m³ (cloro al 54%) como promedio durante un turno laboral de 8 horas.
 NIOSH: El REL es de 0.001 mg/m³ como promedio durante un turno laboral de 10 horas.
 ACGIH: El TLV es de 1 mg/m³ (cloro al 42%) y de 0.6 mg/m³ (cloro al 54%) como promedio durante un turno laboral de 8 horas.

- Los bifenilos poliorlorados son PROBABLES CARCINOGENOS y TERATOGENOS humanos. Puede que no exista un nivel seguro de exposición a un carcinógeno, y por consiguiente, todo contacto debe reducirse al mínimo nivel posible.
- Los límites de exposición antes mencionados son solo para los niveles en el aire. Si también hay contacto con la piel, puede estar sobreespuesto, incluso si los niveles en el aire son inferiores a los límites mencionados.

NJ Health **Hoja Informativa sobre Sustancias Peligrosas**
Derecho a Saber **Personal de emergencias**
Referencia Rápida

Nombre común: **BIFENILOS POLICLORADOS**
 Sinónimos: Arbolor; clorodifenilos; PCB
 Número CAS: 1336-36-3
 Fórmula molecular: C₁₂H₁₀Cl₂
 Número Derecho a Saber: 1554
 Descripción: Líquidos oleosos espesos e incoloros o de color amarillo claro

DATOS SOBRE LOS RIESGOS

Evaluación	Lucha contra incendios	Reactividad
3 - Salud 1 - Incendio 0 - Reactividad Num. DOT: UN 2315 Num. de Oúa: 171 Categoría de riesgo: 3 (materiales peligrosos misceláneos)	Los bifenilos poliorlorados pueden arder, pero no se encienden con facilidad. Use polvo químico seco, dióxido de carbono, agua rociada o espuma resistente al alcohol como agentes de extinción. AL INCENDIARSE, SE PRODUCEN GASES TÓXICOS, entre otros los dibenzofuranos poliorlorados y las dibenzo- <i>a</i> -dioxinas cloradas. Use agua rociada para mantener fríos los recipientes expuestos al incendio.	Los bifenilos poliorlorados no son compatibles con AGENTES OXIDANTES tales como PERCLORATO, PEROXIDOS, PERMANGANATO, CLORATO, NITRATO, CLORO, BRÓMO y FLÚOR) y ACIDOS FUERTES (tales como el CLORHÍDRICO, SULFÚRICO y NITRICO).

FUGAS Y DERRAMES

Distancias de aislamiento:
 Derrames: 50 metros (150 pies)
 Incendio: 800 metros (0.5 millas)
 Absorba los líquidos en vermiculita, arena seca, tierra o material similar y deposite en recipientes herméticos para su eliminación.
 NO permita la eliminación al alcantarillado los derrames por lavado.
 Los bifenilos poliorlorados se bioacumulan y son peligrosos para el medio ambiente.

LÍMITES DE EXPOSICIÓN

OSHA: 1 mg/m³, TWA 8 h (cloro al 42%) y 0.6 mg/m³, TWA 8 h (cloro al 54%)
 NIOSH: 0.001 mg/m³, TWA 10 h
 ACGIH: 1 mg/m³, TWA 8 h (cloro al 42%) y 0.6 mg/m³, TWA 8 h (cloro al 54%)
 IDLH: 5 mg/m³

EFFECTOS SOBRE LA SALUD

Ojos: irritación
 Piel: irritación
 Inhalación: irritación de la nariz, la garganta y el pulmón con tos, respiración con silbido y falta de aire
 Dolor de cabeza, náusea, vómitos y dolor abdominal
 Crónico: Cáncer (de piel, cerebro y páncreas) en humanos

PROPIEDADES FÍSICAS

Punto de inflamación: 285° a 385°F (141° a 196°C)
 Temperatura de autoignición: 454°F (240°C)
 Presión de vapor: 0.001 mm Hg a 68°F (20°C)
 Densidad relativa: 1.3 (agua = 1)
 Solubilidad en agua: insoluble
 Punto de ebullición: 617° a 734°F (325° a 390°C)
 Punto de fusión: -2° a 50°F (19° a 10°C)
 Peso molecular: 258 a 326

EQUIPO DE PROTECCIÓN

Guantes: Butilo, neopreno, cloruro polivinílico, Silver Shield/4HB y Viton (penetración >4 h)
 Overol (mono): Tychem® (CPF 2, DL, CPF 4 y Responder®) (penetración >8 h)
 Respiratoria: >0.001 mg/m³ - suministrador de aire o autónomo

PRIMEROS AUXILIOS Y DESCONTAMINACIÓN

Retire a la víctima del lugar de exposición.
 Enjuague los ojos con abundante agua por un mínimo de 15 minutos. Retire las lentes de contacto, si las usa.
 Quite rápidamente la ropa contaminada y lave la piel contaminada con abundante agua y jabón.
 Si se ha detenido la respiración, inicie la respiración artificial y, en caso necesario, la reanimación cardiopulmonar.
 Traslade inmediatamente a la víctima a un centro de atención médica.

Anexo 8: Aspectos Básicos del Procedimiento para la Gestión por Procesos. **Fuente:** Villa González del Pino y Pons Murguía (2006).

ETAPAS	ACTIVIDAD	PREGUNTA CLAVE	HERRAMIENTAS
Caracterizar el procesos	Descripción del contexto.	¿Cuál es la naturaleza del proceso?	Documentación descriptiva del proceso, Datos históricos, reuniones participativas, Trabajo de grupo.
	Definición del alcance.	¿Para qué sirve?	Discusión de grupos (involucrados en el proceso), Documentación del proceso.
	Determinación de requisitos.	¿Cuáles son los requisitos? (Clientes, proveedores, etc.)	Reuniones participativas, Documentación de proceso, Mapeos de procesos (SIPOC).
	Análisis de la situación.	¿Cómo está funcionando actualmente el proceso?	Mapeo de procesos, Documentación del proceso, Encuestas.
Evaluar el proceso	Identificación de problemas.	¿Cuáles son los principales problemas del proceso?	Diagramas de Pareto, Diagramas y Matrices Causa-Efecto, Guía de Diagnóstico de Implantación de la NC 18001: 2005, Cuestionario Diagnóstico del IEIT, 5H y 1H, Documentación de procesos, Encuestas.
	Levantamiento de soluciones.	¿Dónde y cómo puede ser mejorado el proceso?	Brainstorming, GUT, Técnicas de grupos nominales, Votación grupal, Documentación de procesos. Método general de evaluación de riesgos, Técnicas propias de la seguridad y salud en el trabajo.
	Elaboración del proyecto.	¿Cómo se organiza el trabajo de mejora?	Ciclo PHVA, 5W y 1H, Documentación de procesos.
Mejorar el proceso	Implantación del cambio.	¿Cómo se hace efectivo el rediseño del proceso?	Diagrama de Pareto, 5W y 1H, Documentación del proceso.
	Monitoreo de resultados.	¿Funciona el proceso de acuerdo con los patrones?	Ciclo PHVA, Matriz causa-efecto, GUT, FMEA, Reuniones participativas, Metodología de solución de problemas, Documentación de proceso.

Anexo 9: Productos a confinar por organismos. **Fuente:** CITMA 2009

ORGANISMO	PLOMO	CADMIO	MERCURIO	ARSENICO	VANADIO	ESTRONCIO	CROMO	CN	Sin Identificar	LODOS GALVANICOS	ASK	Total	
MINAL	0	0	10	0	0	0	32	4	0	0	0	46	0,00%
MINSAP	58	12	42	9	2	0	37	30	0	0	0	190	0,01%
CITMA	6	3	11	1	0	1	15	8	58	0	0	103	0,00%
MINAGRI	2873	138	415	5	2	5	1073	226	34	0	0	4771	0,15%
MINCIN	3231	1071	1545	127	20	208	15602	8127	2679	0	0	32610	1,05%
MINFAR	6476	1423	45	13	2	1854	13576	8459	0	0	0	31848	1,03%
MINIL	128	1	1	4	1	18	1418	1490	0	245971	0	249032	8,03%
MININT	3693	13	2368	4	1	9	5626	80	0	0	0	11794	0,38%
SIME	917377	127	23	22	45	8	4808	19821	0	0	0	942231	30,37%
MIMBAS	86898	1234	3622	1407543	115240	8	5966	116115	1	0	0	1736627	55,97%
MITRANS	157	4	4	1	0	0	3003	50	0	0	90345	93564	3,02%
TOTAL	1020897	4026	8086	1407729	115313	2111	51156	154410	2772	245971	90345	3102816	

Anexo 10:Productos a Confinar en Cuba. **Fuente:** CITMA 2009

ORGANISMO	PLOMO	CADMIO	MERCURIO	ARSENICO	VANADIO	ESTRONCIO	CROMO	CN	Sin Identificar	LODOS GALVANICOS	ASK	Total
MINAL	0	0	10	0	0	0	32	4	0	0	0	46
MINSAP	58	12	42	9	2	0	37	30	0	0	0	190
CITMA	6	3	11	1	0	1	15	8	58	0	0	103
MINAGRI	2873	138	415	5	2	5	1073	226	34	0	0	4771
MINCIN	3231	1071	1545	127	20	208	15602	8127	2679	0	0	32610
MINFAR	6476	1423	45	13	2	1854	13576	8459	0	0	0	31848
MINIL	128	1	1	4	1	18	1418	1490	0	245971	0	249032
MININT	3693	13	2368	4	1	9	5626	80	0	0	0	11794
SIME	917377	127	23	22	45	8	4808	19821	0	0	0	942231
MIMBAS	86898	1234	3622	1407543	115240	8	5966	116115	1	0	0	1736627
MITRANS	157	4	4	1	0	0	3003	50	0	0	90345	93564
TOTAL	1020897	4026	8086	1407729	115313	2111	51156	154410	2772	245971	90345	3102816
TOTAL	32,90%	0,13%	0,26%	45,37%	3,72%	0,07%	1,65%	4,98%	0,09%	7,93%	2,91%	

Anexo 11: Generación de residuos peligrosos por organismos. **Fuente:** CITMA 2009

ORGANISMO	PLOMO	MERCURIO	ASK
MINAL	0,00%	0,12%	0,00%
MINSAP	0,01%	0,52%	0,00%
CITMA	0,00%	0,14%	0,00%
MINAGRI	0,28%	5,13%	0,00%
MINCIN	0,32%	19,11%	0,00%
MINFAR	0,63%	0,56%	0,00%
MINIL	0,01%	0,01%	0,00%
MININT	0,36%	29,29%	0,00%
SIME	89,86%	0,28%	0,00%
MIMBAS	8,51%	44,79%	0,00%
MITRANS	0,02%	0,05%	100,00%

Anexo 12: Estado de envase y almacenaje de productos ociosos y caducados a nivel nacional. **Fuente:** CITMA 2009

Estado del Envase y Almacenaje de Productos Ociosos y Caducados				
Estado	Envase	Almacenaje	% Envase	% Embalaje
Bueno	957	895	82,08	77,69
Regular	162	0	13,89	0,00
Malo	47	257	4,03	22,31
Subtotal	1166	1152	100,00	100,00

Anexo 13: Clasificación Internacional de Sustancias Peligrosas.

La clasificación según la ONU de las sustancias peligrosas, que también se utiliza en los pictogramas de identificación, es la siguiente:

Tabla Clasificación ONU de sustancias peligrosas.

Denominación	Clase	División	Observaciones
Explosivos	1	1.1	Explosión con riesgo de explosión en masa
		1.2	Explosivos con riesgos de proyección
		1.3	Explosivos con riesgo predominante de incendio
		1.4	Explosivos sin riesgo significativo de explosión
		1.5	Explosivos muy sensibles; agentes explosivos
		1.6	Materiales detonantes extremadamente insensibles
Gases	2	2.1	Gases inflamables
		2.2	Gases comprimidos no inflamables no tóxicos
		2.3	Gases tóxicos por inhalación
		2.4	Gases corrosivos
Líquidos inflamables	3		
Sólidos inflamables, sustancias propensas a la combustión espontánea y sustancia que en contacto con agua emiten gases inflamables	4	4.1	Sólidos inflamables
		4.2	Sustancias propensas a combustión espontánea
		4.3	Sustancias que en contacto con agua emiten gases inflamables
Sustancias oxidantes y peróxidos orgánicos	5	5.1	Sustancias oxidantes
		5.2	Peróxidos orgánicos

Sustancias tóxicas (venenosas) y sustancias infecciosas	6	6.1	Sustancias Tóxicas
		6.2	Sustancias infecciosas
Materiales radioactivos	7		
Materiales corrosivos	8		
Materiales peligrosos varios	9	9.1	Cargas peligrosas que no pueden ser incluidas en las clases anteriores
		9.2	Sustancias peligrosas para el medio ambiente
		9.3	Residuos peligrosos

Anexo 14: Envases .Clasificación. Características Generales.

Según el manual de la **ONU** se asigna tres grupos de embalaje para las sustancias peligrosas, estos son los siguientes:

- Grupo de Embalaje I: Sustancias y preparados muy peligrosos.
- Grupo de Embalaje II: sustancias y preparados moderadamente peligrosos.
- Grupo de Embalaje III: sustancias y preparados limitadamente peligrosos.

En consecuencia las sustancias y elementos seleccionados a confinar deben envasarse según la clasificación siguiente:

1. Plomo: Grupo III	8. Pentóxido de Arsénico: Grupo II	15. Yoduro de Mercurio: Grupo II	22. Ferrocianuro de Potasio: Grupo I	29. Cromo: Grupo II	36. Dicromato de Sodio: Grupo II
2. Óxido de Plomo: Grupo III	9. Arsenito de Sodio: Grupo II	16. Acetato de Mercurio: Grupo II	23. Tiocianato de Potasio: Grupo I	30. Óxido de Cromo: Grupo II	37. Óxido de Cadmio: Grupo II
3. Carbonato de Plomo: Grupo III	10. Arseniato de Sodio: Grupo II	17. Vanadio: Grupo I	24. Tiocianato de Sodio: Grupo I	31. Trióxido de Cromo: Grupo II	38. Sulfato de Cadmio: Grupo II
4. Acetato de Plomo: Grupo III	11. Mercurio: Grupo II	18. Pentóxido de Vanadio: Grupo III	25. Tiocianato de Amonio: Grupo I	32. Ácido Crómico: Grupo II	37. Bifenilos Policlorados: Grupo II
5. Tetraetilo de Plomo: Grupo I	12. Cloruro de Mercurio: Grupo II	19. Estroncio: Grupo III	26. Cianuro de Zinc: Grupo III	33. Dicromato de Amonio: Grupo II	38. Lodos Galvánicos: Grupo II
6. Arsénico: Grupo II	13. Nitrato de Mercurio: Grupo II	20. Cloruro de Estroncio: Grupo III	27. Cianuro de Cobre: Grupo II	34. Cromato de Potasio: Grupo III	39. Lámparas de Mercurio: Grupo III
7. Trióxido de Arsénico: Grupo II	14. Óxido de Mercurio: Grupo II	21. Cianuro: Grupo I	28. Cianuro de Sodio: Grupo I	35. Dicromato de Potasio: Grupo II	

Condiciones para el envasado por grupo

En general las condiciones para el envasado según el manual de la ONU son:

Grupo de Embalaje I: Sustancias y preparados muy peligrosos.

No se puede transportar estos desechos como cantidad limitada. Se recomienda que el material del envase interior sea de vidrio o plástico, (hasta un máximo de varios kg según la sustancia) y los envases exteriores sean bidones o cajas de acero, cartón, madera contrachapada y plástico.

En el caso que el desecho se requiera transportar a granel, se admite envases mayores (pero limitados a no más de 50-100kg) y que los recipientes intermedios sean de metal, de plástico o compuestos o de madera. Estos recipientes se transportarán en unidades de transporte cerradas.

Grupo de Embalaje II: Sustancias y preparados moderadamente peligrosos.

Se puede transportar estos desechos como cantidad limitada, la cual deberá cumplir que en el envase interior la cantidad del producto no exceda de una cantidad de Kg según la sustancia precisa. Se recomienda que el material del envase interior sea de vidrio, plástico, o metal, y los envases exteriores sean bidones o cajas de acero, aluminio, cartón, madera contrachapada o plástico.

En el caso del que el desecho se requiera transportar a granel, se recomienda que los recipientes intermedios sean de metal, plástico, compuestos, cartón, madera o flexibles. De estos recipientes los que no sean de metal o de plástico rígido, se transportarán en unidades de transporte cerradas. Los recipientes flexibles, de cartón o de madera deberán ser estancos a los pulverulentos y resistentes al agua o estar provistos de un forro con la misma resistencia.

Grupo de Embalaje III: sustancias y preparados poco peligrosos

Se puede transportar estos desechos como cantidad limitada, la cual deberá cumplir que en el envase interior la cantidad de sustancia no exceda de una cantidad de kg según el producto preciso. Se recomienda que el material del envase interior sea de vidrio, plástico, metal y los envases exteriores sean bidones o cajas de acero, aluminio, cartón, madera contrachapada o plástico.

En el caso que el desecho se requiera transportar a granel, se recomienda que los materiales de los recipientes intermedios sean de metal, de plástico, compuestos, de cartón, de madera o flexibles; siendo estos últimos estancos a los pulverulentos y resistentes al agua o estar provistos de un forro con la misma resistencia en estos últimos casos el transporte sería cerrado.

No se usará el mismo transporte, para llevar al mismo tiempo sustancias incompatibles que en caso de derrame puedan provocar accidentes.

Anexo 15:Medios de protección propuestos. Fuente: SEISA (Sistemas de Seguridad Integrados S.A)



Antiparra Amplia Visión
Ventilación directa GVM.82
"Protector"



Mascarilla para Polvos y
Neblinas Tóxicas. B710-3V



Asbesto Aluminizado



Guante Cuero Reforzado
Puño Corto



Guante Combinado, Cuero-Descarne,
Puños Corto-Largo



Botín de Seguridad con
Punta de Acero



Ropa de Trabajo

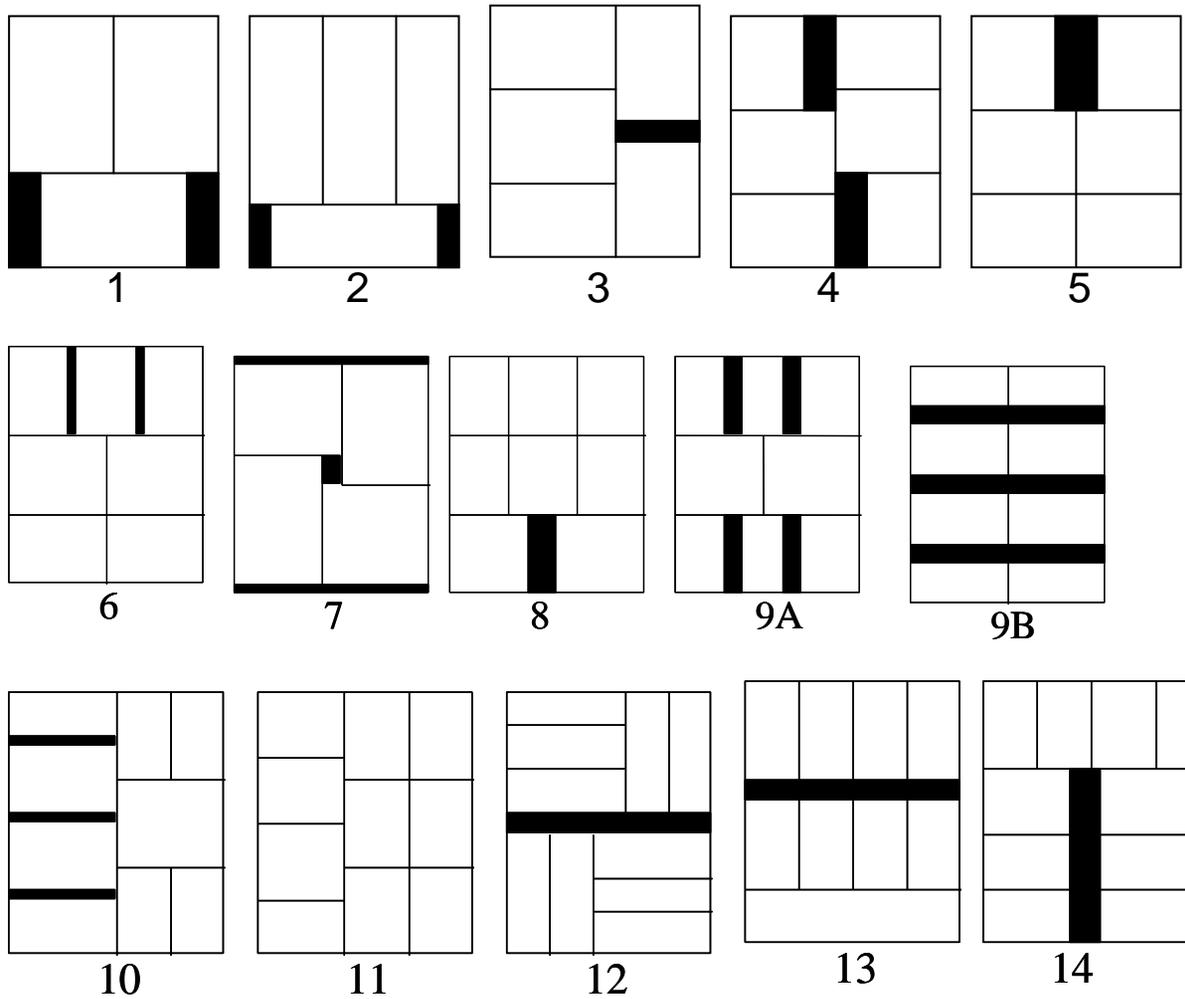
Anexo 16: Inventario de los TRC con Plomo por Provincia. **Fuente:** CITMA 2009

ANEXO 1A ESTUDIO DE TECNOLOGIA PROYECTO CONFINATORIO DE PRODUCTOS TOXICOS Y PELIGROSOS INVENTARIO DE PRODUCTOS Y OTROS DESECHOS										
Organismos	Provincia	Entidad Instalacion	Productos	Nombre	Cant. Kg	Cant. gramos	Cant. De TRC	Tipo de envase	Estado del envase	Condiciones almacenamiento
MINSAP	Ciudad Habana	Manuel Fajardo	P	Plomo	13	13000	289	Vidrio	Malo	Malas
	Ciudad Habana	Joaquin Albarran	P	Plomo	11	11000	244	Vidrio	Regular	Malas
	Ciudad Habana	Frank Pais	P	Plomo	15	15000	333	Vidrio	Regular	Malas
MINAGRI	Villa Clara	EPI	P	Plomo	50	50000	712	Vidrio	Bueno	Bueno
	Granma	ACRILEST	P	Plomo	28	28000	622	Vidrio	Bueno	Bueno
	Ciudad Habana	MEDSOL	P	Plomo	40	40000	889	Vidrio	Bueno	Bueno
	Guantánamo	Emp. Const. Gtmo. U/B Trar	P	Plomo	25	25000	556	Vidrio	Bueno	Bueno
	Guantánamo	Emp. Const. Gtmo. Cgte B.	P	Plomo	45	45000	1000	Vidrio	Bueno	Bueno
MININT	Sancti Spiritus	Alamcen Central	P	Plomo	29	29000	644	Vidrio	Bueno	Malas
SIME	La Habana	Materias Primas	P	Plomo	130	130000	2800	Vidrio	Bueno	Bueno
	Matanzas	Materias Primas	P	Plomo	20	20000	444	Vidrio	Bueno	Bueno
	Guantánamo	Materias Primas	P	Plomo	72	72000	1600	Vidrio	Bueno	Bueno
	Villa Clara	Materias Primas	P	Plomo	150	150000	3319	Vidrio	Bueno	Bueno
	Ciudad Habana	Materias Primas	P	Plomo	10	10000	222	Vidrio	Bueno	Malas
	Cienfuegos	Materias Primas	P	Plomo	174,98	174980	4288	Vidrio	Bueno	Bueno
	Pinar del Rio	Materias Primas	P	Plomo	30	30000	667	Vidrio	Regular	Malas
	Granma	Materias Primas	P	Plomo	56	56000	1244	Vidrio	Bueno	Bueno
Sancti Spiritus	Materias Primas	P	Plomo	36	36000	800	Vidrio	Regular	Bueno	
MINBAS	Cienfuegos	Refineria Cfgos	P	Plomo	2	2000	148	Vidrio	Bueno	Malas
	Santiago de Cuba	Refineria Hnos Diaz	P	Plomo	2	2000	44	Vidrio	Regular	Regular
	Pinar del Rio	Reserva Estatal INRE	P	Plomo	20	20000	444	Vidrio	Regular	Malas
TOTAL					958,98	958980	21311			

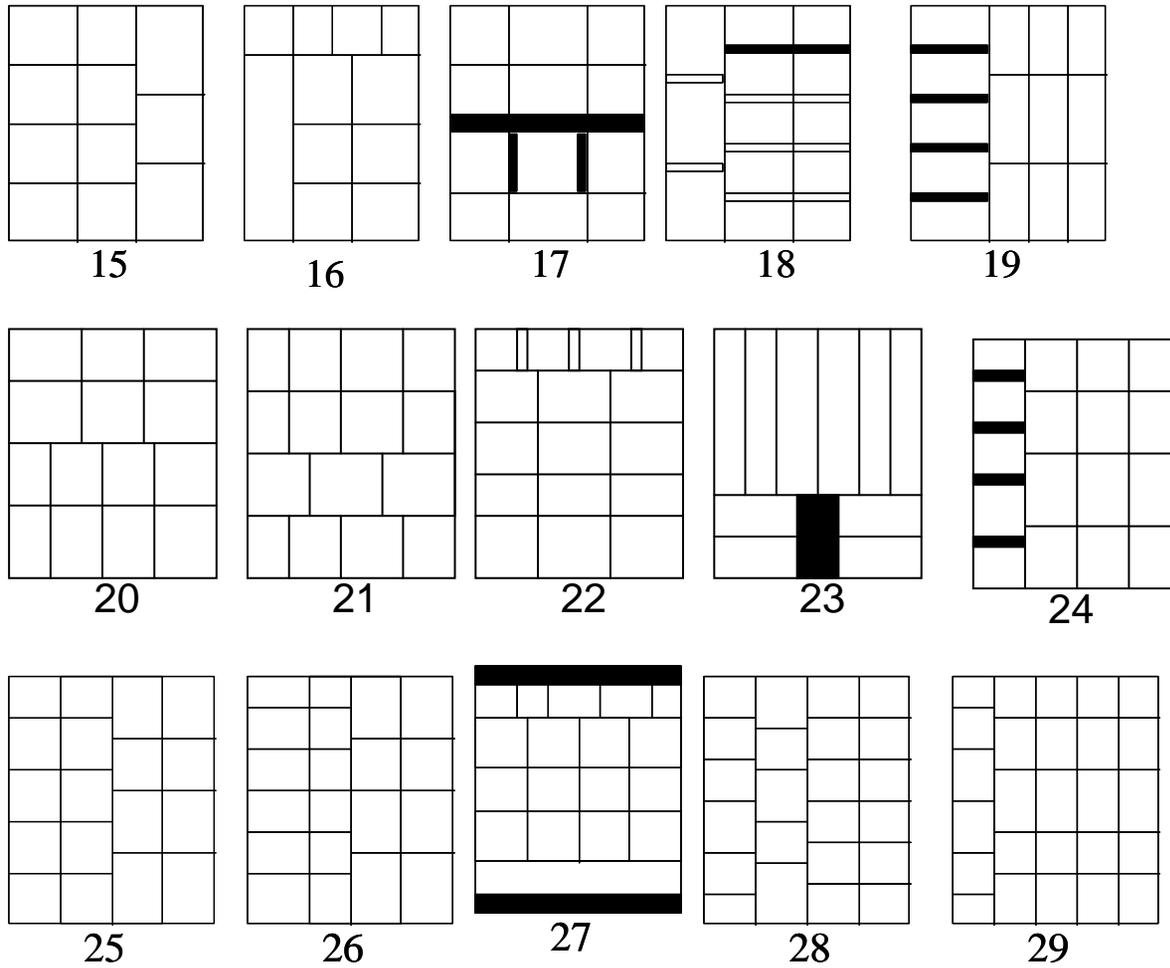
Anexo 17: Matriz Distancia de los puntos donde se encuentran los residuos de TRC con Plomo en Cuba.(Km)

	Confinatorio		Entidades Empresariales																			Inventario Kg.	
	ex CEN	Materias P., P Rio	INRE, P Rio	Frank País, C.Habana	Joaquin A., C.Habana	Manuel F., C.Habana	Materias P., C. Habana	MEDSOL, C.Habana	Materias P., La Habana	Materias P., Mza	Refinería, Cfgos	Materias P., EPI, Villa Clara	Materias P., VC	Alm. Central, SS	Materias P., SS	ACRILES, Granma	Materias P., Gma	Refinería, Stgo Cuba	UB Transp., Gtmo	Materias P., Gtmo	Contingente B, Gtmo		
Materias P., P Rio	382	0	3	167	166	154	183	183	172	250	378	382	424	457	500	520	889	875	996	911	994	1045	30
INRE, P Rio	385	3	0	170	169	157	186	186	175	253	381	385	427	460	503	523	892	878	999	914	997	1048	20
Frank País, C.Habana	239	167	170	0	5	14	32	20	9	97	234	238	280	313	356	376	746	732	852	767	850	901	15
Joaquin A., C.Habana	236	166	169	5	0	14	29	19	8	95	232	236	278	311	354	374	743	729	849	765	848	899	11
Manuel F., C.Habana	250	154	157	14	14	0	43	32	20	108	245	249	291	324	367	387	757	743	863	779	862	913	13
Materias P., C. Habana	208	183	186	32	29	43	0	37	27	67	203	207	249	282	325	345	714	700	821	736	819	870	10
MEDSOL, C.Habana	238	183	186	20	19	32	37	0	8	88	233	237	279	312	355	375	745	731	851	766	849	900	40
Materias P., La Habana	232	172	175	9	8	20	27	8	0	88	317	321	273	307	350	369	739	725	845	761	844	895	130
Materias P., Mza	178	250	253	97	95	108	67	88	88	0	174	178	197	233	284	304	674	660	780	696	779	830	20
Refinería, Cfgos	39	378	381	234	232	245	203	233	317	174	0	4	64	106	144	166	536	522	642	558	641	692	2
Materias P., Cfgos	35	382	385	238	236	249	207	237	321	178	4	0	60	102	140	162	532	518	638	554	637	688	174,98
EPI, Villa Clara	93	424	427	280	278	291	249	279	273	197	64	60	0	36	87	107	476	462	583	498	581	632	50
Materias P., VC	127	457	460	313	311	324	282	312	307	233	106	102	36	0	51	71	441	427	547	462	545	596	150
Alm. Central, SS	170	500	503	356	354	367	325	355	350	284	144	140	87	51	0	30	399	385	506	421	504	555	29
Materias P., SS	189	520	523	376	374	387	345	375	369	304	166	162	107	71	30	0	370	356	476	391	474	525	36
ACRILES, Granma	559	889	892	746	743	757	714	745	739	674	536	532	476	441	399	370	0	67	187	103	186	237	28
Materias P., Gma	545	875	878	732	729	743	700	731	725	660	522	518	462	427	385	356	67	0	120	36	119	170	56
Refinería, Stgo Cuba	665	996	999	852	849	863	821	851	845	780	642	638	583	547	506	476	187	120	0	45	80	100	2
UB Transp., Gtmo	715	911	914	767	765	779	736	766	761	696	558	554	498	462	421	391	103	36	45	0	89	140	25
Materias P., Gtmo	798	994	997	850	848	862	819	849	844	779	641	637	581	545	504	474	186	119	80	89	0	140	72
Contingente B, Gtmo	849	1045	1048	901	899	913	870	900	895	830	692	688	632	596	555	525	237	170	100	140	140	0	45

Anexo 19:Apéndice 2. Gráfico para la selección del patrón del medio unitarizador de 1 000 x 1 200 (mm)



Apéndice 2. Gráfico para la selección del patrón del medio unitarizador de 1 000 x 1 200 (mm)



Anexo 20:Procedimiento de Trabajo seguro (AST) en la Gestión Logística de los residuos o desechos peligrosos (Con compuesto de Plomo)

No	Pasos Básicos	Riesgos Potenciales	Consecuencias	Medidas de Control de Riesgos
1	Envasado de Residuos Peligrosos	<ul style="list-style-type: none"> • Tropezones o caídas al mismo nivel por contacto con otros envases 	<ul style="list-style-type: none"> • Fracturas o heridas en distintas partes del cuerpo 	<ul style="list-style-type: none"> • Limpieza de los suelos. • Observar el área de trabajo para conocer la posición de los otros objetos • Zonas de paso despejadas • Usar calzado apropiado
		<ul style="list-style-type: none"> • Choque contra objetos inmóviles 	<ul style="list-style-type: none"> • Golpes o heridas en distintas partes del cuerpo 	<ul style="list-style-type: none"> • Observar en el lugar en que se encuentran los objetos. • Zonas de paso con espacios para poder desplazarse
		<ul style="list-style-type: none"> • Exposición de contaminantes químicos 	<ul style="list-style-type: none"> • Enfermedades Profesionales 	<ul style="list-style-type: none"> • Uso de guantes y ropas de protección • Delantal • Botas que no sean de Goma • Mascara con Filtro nitrilo • Contar con los letreros y señalamientos a la peligrosidad de los mismos en lugares visibles • Después del manejo, lave a fondo antes de comer, fumar o usar servicios de sanitarios Lávese a fondo inmediatamente después de la exposición y al final del turno laboral. • En contacto con la piel quite rápidamente la ropa contaminada. Lave inmediatamente la parte de la piel contaminada con abundante agua • Se llevará un registro de la exposición de los trabajadores a fin de proteger su salud y su seguridad con el propósito de garantizar que estos no sobrepasen los límites de exposición • Someter al personal a exámenes periódicos ,ya que se establece que son potencialmente causantes de enfermedades profesionales

		<ul style="list-style-type: none"> • Hinchazón de las pestañas superiores 	<ul style="list-style-type: none"> • Daños nocivos a la visión 	<ul style="list-style-type: none"> • Casco protector de los ojos • Gafas de protección • En contacto con los ojos enjuague inmediatamente los ojos con abundante agua por un mínimo de 15 minutos, levantando en forma periódica los párpados superiores e inferiores.
		<ul style="list-style-type: none"> • Explosión 	<ul style="list-style-type: none"> • Causar quemaduras y heridas en distintas partes del cuerpo por impregnación de las partículas en el cuerpo 	<ul style="list-style-type: none"> • Alejar de sustancias incompatibles y materiales combustibles tales como madera ,papel y aceite • Prohibir Fumar Prohibir Fumar
		<ul style="list-style-type: none"> • Carga postural 	<ul style="list-style-type: none"> • Enfermedad profesional 	<ul style="list-style-type: none"> • Adoptar posturas correctas • Usar los medios de protección individual establecidos
2	Etiquetado de los envases de Residuos Peligrosos	<ul style="list-style-type: none"> • Tropezones o caídas al mismo nivel por contacto con otros envases 	<ul style="list-style-type: none"> • Fracturas o heridas en distintas partes del cuerpo 	<ul style="list-style-type: none"> • Limpieza de los suelos. • Observar el área de trabajo para conocer la posición de los otros objetos • Zonas de paso despejadas • Usar calzado apropiado
		<ul style="list-style-type: none"> • Choque contra objetos inmóviles 	<ul style="list-style-type: none"> • Golpes o heridas en distintas partes del cuerpo 	<ul style="list-style-type: none"> • Observar en el lugar en que se encuentran los objetos. • Zonas de paso con espacios para poder desplazarse
		<ul style="list-style-type: none"> • Exposición de contaminantes químicos 	<ul style="list-style-type: none"> • Enfermedades Profesionales 	<ul style="list-style-type: none"> • Uso de guantes y ropas de protección • Delantal • Botas • Mascara con Filtro nitrilo • Después del manejo, lave a fondo antes de comer, fumar o usar servicios de sanitarios Lávese a fondo inmediatamente después de la exposición y al final del turno laboral. • En contacto con la piel quite rápidamente la ropa

				<p>contaminada. Lave inmediatamente la parte de la piel contaminada con abundante agua</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se llevará un registro de la exposición de los trabajadores a fin de proteger su salud y su seguridad con el propósito de garantizar que estos no sobrepasen los límites de exposición • Someter al personal a exámenes periódicos ,ya que se establece que son potencialmente causantes de enfermedades profesionales
3	Carga por equipos de los envases de Residuos Peligrosos	<ul style="list-style-type: none"> • Atrapamientos • Caídas de objetos 	<ul style="list-style-type: none"> • Fracturas o heridas en distintas partes del cuerpo 	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobar el correcto estado de los equipos y elementos de los aparatos elevadores antes del inicio de las actividades diarias. • Evitar los arranques y paradas bruscas de los aparatos de elevación. Los movimientos de las cargas deben ser movimientos controlados. • Siempre que sea posible la elevación y descenso de las cargas se hará en sentido vertical a fin de evitar el balanceo • Se evitará levantar y trasladar la carga por encima de personas y puestos de trabajo • Se evitará mantener cargas suspendidas durante largos periodos de tiempo • En el traslado de cargas ,la visibilidad debe estar asegurada • Debe comprobarse ,antes de izar cualquier carga ,que está se encuentra bien asegurada y que las conexiones y empalmes se realizan con medios apropiados • No superar la carga máxima establecida
		<ul style="list-style-type: none"> • Choque contra objetos móviles 	<ul style="list-style-type: none"> • Fracturas o heridas en distintas partes del cuerpo 	<ul style="list-style-type: none"> • Observar donde se encuentra el vehículo que está haciendo la carga
4	Transporte los	<ul style="list-style-type: none"> • Derrame 	<ul style="list-style-type: none"> • Daños a la Salud a 	<ul style="list-style-type: none"> • Se debe revisar las condiciones de seguridad de la

	Residuos peligrosos al confinamiento		<p>las personas que estén expuestas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Daños al medio ambiente 	<p>carga que transporta.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Revisar que el vehículo este en perfecto estado técnico • Abstenerse de realizar partidas y paradas súbitas, y de conducir a altas velocidades ni tener una conducción con movimientos erráticos que causen una innecesaria inestabilidad de la carga • La ruta de circulación deberá hacerse por las carreteras de menos tráfico • Se prohíbe la detención o estacionamiento en zonas residenciales, lugares públicos, áreas densamente pobladas. • El empleo de los implementos de seguridad en caso de alguna intervención que requiera de estos elementos (Ropas de protección, guantes, botas, máscara con filtro)
		<ul style="list-style-type: none"> • Explosión 	<ul style="list-style-type: none"> • Quemaduras y heridas en distintas partes del cuerpo al transportador y a las personas que se encuentre cuando ocurra el mismo por impregnación de las partículas en el cuerpo • Daños al medio ambiente 	<ul style="list-style-type: none"> • No se deben poner cerca de sustancia inflamables o explosivas e incompatibles a estas • Se prohíbe fumar
		<ul style="list-style-type: none"> • Accidentes en la vía 	<ul style="list-style-type: none"> • Derrames de la carga que se transporta • Heridas y golpes en distintas partes del cuerpo 	<ul style="list-style-type: none"> • Revisar que el vehículo este en perfecto estado técnico • Tomar las medidas de precaución durante el viaje y regirse por las leyes del tránsito. (Ley 106) • No ingerir bebidas alcohólicas

5	Descarga por vehículos de los envases de Residuos peligrosos	<ul style="list-style-type: none"> • Atrapamientos • Caídas de objetos 	<ul style="list-style-type: none"> • Fracturas o heridas en distintas partes del cuerpo 	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobar el correcto estado de los equipos y elementos de los aparatos elevadores antes del inicio de las actividades diarias. • Evitar los arranques y paradas bruscas de los aparatos de elevación. Los movimientos de las cargas deben ser movimientos controlados. • Siempre que sea posible la elevación y descenso de las cargas se hará en sentido vertical a fin de evitar el balanceo • Se evitará levantar y trasladar la carga por encima de personas y puestos de trabajo • Se evitará mantener cargas suspendidas durante largos periodos de tiempo • En el traslado de cargas ,la visibilidad debe estar asegurada • No superar la carga máxima establecida
		<ul style="list-style-type: none"> • Choque contra objetos móviles 	<ul style="list-style-type: none"> • Fracturas o heridas en distintas partes del cuerpo 	<ul style="list-style-type: none"> • Observar donde se encuentra el vehículo que está haciendo la descarga
6	Traslado al almacén de los Residuos peligrosos	<ul style="list-style-type: none"> • Atrapamientos • Caídas de objetos 	<ul style="list-style-type: none"> • Fracturas o heridas en distintas partes del cuerpo 	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobar el correcto estado de los equipos y elementos de los aparatos elevadores antes del inicio de las actividades diarias. • Evitar los arranques y paradas bruscas de los aparatos de elevación. Los movimientos de las cargas deben ser movimientos controlados. • Siempre que sea posible la elevación y descenso de las cargas se hará en sentido vertical a fin de evitar el balanceo • Se evitará levantar y trasladar la carga por encima de personas y puestos de trabajo • Se evitará mantener cargas suspendidas durante largos periodos de tiempo • En el traslado de cargas ,la visibilidad debe estar

				asegurada • No superar la carga máxima establecida
		• Choque contra objetos móviles	• Fracturas o heridas en distintas partes del cuerpo	• Observar donde se encuentra el vehículo que está haciendo la el traslado hacia el almacén
7	Almacenamiento de los residuos Peligrosos	• Exposición de contaminantes químicos	• Enfermedades Profesionales	<ul style="list-style-type: none"> • El lugar de almacenamiento debe poseer ventilación adecuada • Contar con los letreros y señalamientos a la peligrosidad de los mismos en lugares visibles • Se mantendrán cerrados todos los recipientes que contengan residuos peligrosos durante el almacenamiento. • El lugar de almacenamiento debe poseer ventilación adecuada • Uso de guantes y ropas de protección • Delantal • Botas • Mascara con Filtro nitrilo • Después del manejo, lave a fondo antes de comer, fumar o usar servicios de sanitarios. • Lávese a fondo inmediatamente después de la exposición y al final del turno laboral. • En contacto con la piel quite rápidamente la ropa contaminada. Lave inmediatamente la parte de la piel contaminada con abundante agua • Se llevará un registro de la exposición de los trabajadores a fin de proteger su salud y su seguridad con el propósito de garantizar que estos no sobrepasen los límites de exposición • Someter al personal a exámenes periódicos ,ya que se establece que son potencialmente causantes de enfermedades profesionales
		• Atrapamientos	• Fracturas o heridas	• Almacenamiento ordenado sobre pallets o rack

		<ul style="list-style-type: none"> • Caídas de objetos 	<ul style="list-style-type: none"> en distintas partes del cuerpo 	
		<ul style="list-style-type: none"> • Explosión 	<ul style="list-style-type: none"> • Causar quemaduras y heridas en distintas partes del cuerpo por impregnación de las partículas en el cuerpo 	<ul style="list-style-type: none"> • No se deben almacenar cerca de sustancias que sean inflamables o explosivas e incompatibles a estas • Prohibir Fumar
		<ul style="list-style-type: none"> • Caídas al mismo nivel 	<ul style="list-style-type: none"> • Fracturas en distintas partes del cuerpo 	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento y limpieza de los suelos. • Observar el área de trabajo para conocer la posición de los otros objetos • Zonas de paso despejadas • Usar calzado apropiado
		<ul style="list-style-type: none"> • Choque contra objetos inmóviles 	<ul style="list-style-type: none"> • Golpes o heridas en distintas partes del cuerpo 	<ul style="list-style-type: none"> • Observar en el lugar en que se encuentran los objetos. • Zonas de paso con espacios para poder desplazarse