

TESIS DE DIPLOMA

Título:

“Procedimiento para la Gestión Logística de los Desechos Peligrosos en Cuba. Caso de estudio: Transformadores con PCB”



Autora: Yisel Álvarez Díaz.

Tutor: M.Sc.Ing. Alexander Brito Brito.

Ing. Alberto Quesada 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: Transformadores con PCB”** fue realizado como parte de la culminación de los estudios universitarios de la especialidad de Ingeniería Industrial, por el que suscribe: Yisel Álvarez Díaz, 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

RESUMEN

El Policloruro de bifenilo (PCB) está considerado según el PNUMA como uno de los doce contaminantes más nocivos fabricados por el ser humano. Actualmente su uso está prohibido en casi todo el mundo, aunque existen aplicaciones con contenido de askarel o PCB. Teniendo en cuenta los intereses políticos, económicos y sociales, es voluntad del Gobierno en Cuba, la organización y desarrollo de un programa que de manera eficaz y eficiente resuelva la situación existente con los desechos peligrosos.

La investigación titulada "*Procedimiento para la Gestión Logística de los Desechos Peligrosos en Cuba. Caso de estudio: Transformadores con PCB*" va encaminada a diseñar un procedimiento para la Gestión Logística de los desechos peligrosos, específicamente de los Transformadores con contenido de PCB.

En el procedimiento se proponen las etapas a seguir, de las cuales se obtiene una caracterización general de los Transformadores con contenido de PCB como uno de los desechos peligrosos más importantes en Cuba, se realiza un balance de las disponibilidades logísticas existentes y las necesarias para lograr el traslado de este residuo hasta el proyecto del Confinatorio ubicado en la provincia de Cienfuegos.

Para la obtención de estos resultados se utilizan varias herramientas y técnicas de la ingeniería industrial e incluso de química para la comprensión y análisis de todas las actividades a desarrollar en el proceso, así como los recursos requeridos y los riesgos asociados al residuo estudiado.

ABSTRACT

The Polyvinyl biphenyl (PCB) is considered according to UNEP as one of the twelve most harmful pollutants produced by humans. Currently its use is banned in most of the world, although there are applications containing askarel or PCB. Given the political, economic and social interests and the will of the Government in Cuba, organization and development of a program that effectively and efficiently resolve the situation with hazardous waste.

The titled investigation "Procedure for *the Logistic Step of the Hazardous Wastes in Cuba Case study: Transformers with PCB*" is aimed at designing a procedure for the Logistic Step of the hazardous wastes, specifically of the Transformers with content of PCB.

In the procedure they set themselves their stages to follow, of the ones that one obtains a general characterization of the Transformers with content of PCB like one of the most important hazardous wastes in Cuba of, comes true a balance of the logistic existing availabilities and the necessary to achieve the transfer of this residue to the project of the Confinatorio located in the province of Cienfuegos.

For the obtaining of these results several tools and techniques of industrial engineering and enclosure of Chemistry for compression and analysis of all the activities to develop in the process, as well as the required resources and the risks correlated to the studied residue are used.

Indice

INTRODUCCIÓN.....	9
--------------------------	----------

CAPITULO 1.- Consideraciones generales sobre los desechos peligrosos en el mundo y Cuba.....	13
---	-----------

1.- Introducción.....	13
1.1.- Contextualización con la generación de desechos peligrosos en el mundo.....	13
1.1.1.- Antecedentes e importancia de la gestión ambiental.....	18
1.2.- Presupuestos políticos, económicos, sociales y normativos en Cuba sobre desechos peligrosos.....	19
1.2.1.- Situación ambiental relacionada con los desechos peligrosos en Cuba... 21	
1.2.2.- Propuestas e implementación de soluciones a problemas específicos.....	23
1.3.- Clasificación de residuos o desechos peligrosos.....	26
1.3.1.- Gestión y manejo de residuos peligrosos.....	29
1.4.- Evolución de la logística ante los nuevos retos de la humanidad.....	33
1.4.1.- El interés por la logística inversa.....	36
1.4.2.- Diferencias entre la logística directa y logística inversa.....	39
1.4.3.- La logística inversa y el medio ambiente.....	41
1.4.4.- La Logística Inversa en la Gestión de Residuos Peligrosos.....	44
1.5.- Conclusiones del Capítulo 1.....	47

CAPITULO 2.- Aspectos generales sobre el Proyecto Confinatorio y sus necesidades.....	49
--	-----------

2.- Introducción.....	49
2.1.- Antecedentes del Proyecto Confinatorio de Residuos Peligrosos.....	49
2.2.- Descripción del Proyecto Confinatorio de Residuos Peligrosos en la exCen... 50	
2.2.1.- Áreas que integran un confinamiento de residuos peligrosos.....	51
2.2.2.- Premisas y objetivos del proyecto Confinatorio.....	54
2.3.- Procesos de Gestión Logística de Residuos o Desechos Peligrosos.....	57
2.3.1.- Análisis de los procedimientos Existentes.....	57
2.4.- Procedimiento para la Gestión Logística de Residuos Peligrosos en Cuba.....	61

2.4.1.- Etapa I: Caracterización de los Residuos.	62
2.4.2.- Etapa II: Estudio de las disponibilidades Logísticas	64
2.4.3.- Etapa III: Diseño del Proceso Logístico	70
2.4.4.- Etapa IV: Proceso de Tratamiento y Disposición Final de los Residuos....	72
2.5.- Conclusiones parciales del Capítulo 2	73
CAPITULO 3.- Implementación del procedimiento para la gestión logística de los Transformadores con contenido de PCB.....	75
3.- Introducción	75
3.1.- Caracterización general de los residuos en Cuba	75
3.2.- Implementación del Procedimiento para la Gestión Logística de los Residuos Peligrosos en Cuba.....	78
3.2.2.- Etapa 2: Estudio de las Disponibilidades Logísticas.....	93
3.2.3.- Etapa III: Diseño del Proceso Logístico	104
3.3.- Conclusiones Parciales del Capítulo 3	111
CONCLUSIONES.....	113
RECOMENDACIONES	114
BIBLIOGRAFÍA.....	115

INTRODUCCIÓN

La contaminación es uno de los problemas ambientales más importantes que afectan a nuestro mundo y surge cuando se produce un desequilibrio, como resultado de la adición de cualquier sustancia al medio ambiente, en cantidad tal, que cause efectos adversos en el hombre, en los animales, vegetales o materiales expuestos a dosis que sobrepasen los niveles aceptables en la naturaleza.

Es el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, PNUMA, quien se encarga de coordinar las actividades relacionadas con el medio ambiente, asistiendo a los países en la implementación de políticas medioambientales adecuadas a fin de fomentar el desarrollo sostenible. Sus actividades cubren un amplio rango de temas, desde la atmósfera y los ecosistemas terrestres, la promoción de las ciencias medioambientales y la difusión de información relacionada, hasta la emisión de advertencias y la capacidad para responder a emergencias relacionadas con desastres medioambientales.

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.

Una conclusión definitiva de los tratados y acuerdos adoptados, así como su efectiva aplicación se hacen cada vez más imperativas, para ello, la comunidad internacional y los gobiernos nacionales deben empeñarse, en el desarrollo de normas y códigos de práctica claros que aseguren que el manejo de los desechos peligrosos sea ambientalmente solvente.

Es en este contexto y bajo las difíciles condiciones económicas por la que atraviesa nuestro país, este participa de manera activa en la reducción de las vulnerabilidades a la que está sometido para la preservación del medio ambiente y desarrollo sostenible.

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 a el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente 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.

Hay eventos conocidos que a raíz de malas prácticas en el tratamiento y destino final de los residuos o desechos peligrosos o no, han generado perjuicios a la salud humana y como consecuencia al medio ambiente. Por tanto la ingeniería ambiental ha tenido un papel preponderante en modelar planes de manejo de desechos en particular los peligrosos.

Por otro lado el Estado, en su función garante de preservar la salud pública y el medio ambiente, exige y controla mediante el Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente la adopción de leyes ambientales al respecto, obliga a las personas naturales y jurídicas generadores de desechos de cualquier tipo a clasificarlos, procesarlos hasta su disposición definitiva, así como a presentar con detalle información planificada sobre el uso, características de su almacenamiento, transportación, cantidades disponibles, destino final, trabajadores que de manera directa se exponen a su manipulación, medios de seguridad y protección para su manipulación y traslado, entre otros requisitos.

La ley 81 de 1997 para la protección del Medio Ambiente, define los principios y normas para la gestión ambiental y dentro de esas normativas está la relacionada al tratamiento y destino final de los desechos peligrosos.

La ley 136 del 2009, del Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente reglamenta el establecimiento de las disposiciones que contribuyan a asegurar el manejo integral de los desechos peligrosos, mediante la prevención de su generación y el manejo seguro de los mismos, con el fin de minimizar los riesgos a la salud humana y el medio ambiente.

Esta investigación va encaminada a los desechos peligrosos en particular los que presentan contenido de askarel o PCB, considerados así por tener propiedades intrínsecas que presentan riesgos para el medio ambiente y la salud de las personas.

Las propiedades peligrosas son toxicidad, inflamabilidad, reactividad química, corrosividad, explosividad, radioactividad o de cualquier otra naturaleza que provoque daño a la salud humana y al medio ambiente.

Teniendo en cuenta los intereses políticos y sociales, así como la situación económica actual, es voluntad del Gobierno en nuestro país la organización y desarrollo de todo un programa que de manera eficaz y eficiente resuelva la situación existente con los desechos peligrosos y con ello prevenir las afectaciones al medio ambiente y a la salud humana.

Por lo que se ha dispuesto que en la instalaciones de lo que iba a ser la Central Electro Nuclear, (conocida como CEN) se aprovecharán para este fin, escogiéndose para ello las instalaciones del reactor, el edificio especial y el administrativo. 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 necesita 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 de los Transformadores con contenido de PCB que permita el nivel requerido de organización y control de las actividades y recursos asociados en el Proyecto de Confinatorio?

Para solucionar el problema de la investigación se propone el **Objetivo General** siguiente:

Diseñar un procedimiento para la Gestión Logística de los desechos peligrosos, específicamente de los Transformadores con contenido de PCB, que garantice el nivel requerido de organización y control de las actividades y recursos asociados en el Proyecto de Confinatorio.

Objetivos Específicos

1. Revisar las consideraciones teóricas sobre la generación de desechos peligrosos en el mundo y en Cuba, así como la utilización de la logística inversa como una de las herramientas que permitan el manejo integral de los mismos.
2. Analizar 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, tomando a modo de caso de estudio los Transformadores con contenido de PCB almacenados 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 los Transformadores con contenido de PCB.

Implementar las etapas del procedimiento propuesto para la gestión logística en los desechos peligrosos de los Transformadores con contenido de PCB que están almacenados en Cuba, garantizando el nivel requerido de organización y control de las actividades y recursos asociados en el Proyecto de Confinatorio.

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 recuperación de los Transformadores con contenido de PCB como uno de los desechos peligrosos por donde dará inicio el proyecto del Confinatorio.

Además se presenta una Ficha del Residuo en la cual se recogen todas las características, riesgos y requerimientos de los Transformadores con contenido de PCB, así como la descripción de la tecnología necesaria para su recolección, transporte, manipulación y almacenaje, para el proyecto del Confinatorio, que tendrá ubicación en la provincia de Cienfuegos.

CAPITULO 1.- Consideraciones generales sobre los desechos peligrosos en el mundo y Cuba.

1.- Introducción

En el capítulo se revisan las generalidades y clasificaciones internacionales sobre los residuos peligrosos, así como los principales elementos a considerar para el manejo integral de estos, tomando como ciencia para su análisis a la Logística Inversa 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.- Contextualización con la generación de desechos peligrosos en el mundo

La contaminación es uno de los problemas ambientales más importantes que afectan a nuestro mundo y surge cuando se produce un desequilibrio, como resultado de la adición de cualquier sustancia al medio ambiente, en cantidad tal, que cause efectos adversos en el hombre, en los animales, vegetales o materiales expuestos a dosis que sobrepasen los niveles aceptables en la naturaleza. Una de las causas fundamentales de contaminación está dada en la generación de residuos peligrosos, siendo el sector industrial el generador más destacado de dicho tipo de residuos. Alrededor del 25% del total de residuos generados por la industria constituyen desechos peligrosos, por tanto la producción mundial de residuos peligrosos podría estimarse en una cifra superior a los 350 MM Ton/año (miles de millones de toneladas al año) y en algunos casos superiores. El 90% de esta cifra corresponde a los países industrializados. No obstante son también estos países los que poseen una mayor capacidad de respuesta ante la solución definitiva de sus nocivas consecuencias.

Es el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, PNUMA¹, quien se encarga de coordinar las actividades relacionadas con el medio ambiente, asistiendo a los países en la implementación de políticas medioambientales adecuadas así como fomentar el desarrollo sostenible². Tiene como misión proporcionar liderazgo y

¹Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, PNUMA (UNEP por sus siglas en inglés) tiene su sede en Nairobi, Kenia. Fue creado por recomendación de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Humanos (Estocolmo - 1972).

²Desarrollo sostenible. Proceso de transformación, en el cual la explotación de los recursos, la dirección de las inversiones, la orientación del desarrollo tecnológico y los cambios institucionales se armonizan y refuerzan el potencial presente y futuro con el fin de atender las necesidades y aspiraciones humanas. (Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo) (ISO 14050)

promover los esfuerzos conjuntos para el cuidado del medio ambiente, alentando, informando y capacitando a las naciones y a los pueblos para que mejoren su vida sin comprometer la de las futuras generaciones. Es la principal autoridad mundial en el área ambiental.

Sus actividades cubren un amplio rango de temas, desde la atmósfera, los ecosistemas terrestres, la promoción de las ciencias medioambientales y la difusión de información relacionada, hasta la emisión de advertencias y la capacidad para responder a emergencias relacionadas con desastres medioambientales.

Este programa.

- Evalúa el estado del medio ambiente mundial e identifica las cuestiones que necesitan ser objeto de cooperación internacional.
- Ayuda a formular la legislación sobre el medio ambiente y a incorporar las consideraciones ambientales a las políticas y los programas sociales y económicos del sistema de Naciones Unidas.
- Dirige y alienta asociaciones para proteger el medio ambiente.
- Promueve conocimientos científicos e información sobre el tema ambiental.
- Desarrolla e impulsa informes regionales y nacionales sobre el estado del medio ambiente y sus perspectivas.
- Promueve el desarrollo de tratados ambientales internacionales y contribuye al incremento de las capacidades nacionales para enfrentar estos problemas.

El PNUMA ha desarrollado guías y tratados sobre los productos químicos potencialmente peligrosos, contaminación del aire, el transporte transfronterizo y contaminación de acuíferos internacionales.

Centro de los residuos peligrosos se tratará en esta investigación el PCB, a partir de las acciones irresponsables que se han cometido en el mundo citando como las más representativas.

- El vertimiento al río Hudson que hizo la empresa General Electric con miles de toneladas de PCB, lo que provocó prohibir el baño y la pesca alimentaria a lo largo de los cientos de kilómetros fluviales, desde las cascadas del Hudson hasta el mar.

- En 1968, en Yusho, Japón se contaminó con PCB's, el aceite de arroz de una fábrica industrializadora de alimentos debido a la fuga de este compuesto tóxico, que se presentó en un intercambiador de calor. Las consecuencias fueron desastrosas, pues más de 1200 personas consumieron ese aceite y sufrieron diversos daños a la salud. Entre los síntomas inmediatos se reportaron: cloracné, cambios en la pigmentación de la piel, mareos, dolor y debilidad en las extremidades, malestares gastrointestinales y trastornos en la reproducción.
- Trece años más tarde, en 1981, ocurrió otro incidente en el Binghamton State Office Building en Nueva York, al sobrecalentarse un tablero, que a su vez sobrecalentó un transformador adyacente con askareles, lo que sucedió entonces, fue la formación de DDPC y DFPC, compuestos que contaminaron el mobiliario de todo un edificio de 18 pisos a través del sistema de ventilación. Hoy día, este edificio no ha podido ser utilizado, a pesar de las labores de reparación que se han realizado durante más de siete años.
- De igual manera el transporte transfronterizo de desechos peligrosos en la década de 1980, atrajo la atención del público. Tan solo recordar las desventuras de “buques tóxicos” como el **Katrin B** o el **Pelícano**, que navegaban de puerto en puerto intentando descargar sus cargamentos tóxicos apareció en los titulares de portada de todo el mundo.

A medida que los costos de la eliminación de los desechos se disparaban, los comerciantes de productos tóxicos en busca de soluciones más económicas empezaron a enviar los desechos peligrosos a África, Europa Oriental y otras regiones. Una vez en tierra, esos cargamentos de desechos eran vertidos indiscriminadamente, derramados accidentalmente o manejados inadecuadamente, lo que producía problemas de salud graves, incluso muertes y la intoxicación de la tierra, el agua y el aire durante decenios o siglos.

Por lo que entonces bajo los auspicios del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, a finales del decenio de 1980 se negoció el Convenio de Basilea, que fue aprobado en 1989, entrando en vigor en 1992, el que cuenta con 170 países miembros, tiene 14 centros regionales y centros de coordinación del Convenio en las siguientes ubicaciones: la Argentina, China, Egipto, El Salvador, la Federación de Rusia, Indonesia, Nigeria, la República Eslovaca, la República Islámica del Irán, el Programa Regional del Pacífico Sur para el Medio Ambiente (Samoa), el Senegal, Sudáfrica, Trinidad y Tobago y el Uruguay.

La Convención de Basilea regula.

- Los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y otros desechos aplicando el procedimiento del "consentimiento fundamentado previo", se exige a toda Parte en el Convenio que promulgue las disposiciones legislativas nacionales adecuadas para prevenir y castigar el tráfico ilícito de desechos peligrosos y otros desechos. El tráfico ilícito es delictivo.
- Obliga a las Partes en él a asegurar que los desechos peligrosos y otros desechos se manejen y eliminen de manera ambientalmente racional. A ese fin, se espera de las Partes que minimicen las cantidades que atraviesan las fronteras, que traten y eliminen los desechos lo más cerca posible del lugar donde se generen y que impidan o minimicen la generación de desechos en origen.
- Se han de aplicar controles estrictos desde el momento de la generación de un desecho peligroso hasta su almacenamiento, transporte, tratamiento, reutilización, reciclado, recuperación y eliminación final.

En mayo de 2001, en Estocolmo, Suecia, 127 países adoptaron un tratado de las Naciones Unidas para prohibir o minimizar el uso de doce de las sustancias tóxicas más utilizadas en el mundo, consideradas como causantes de cáncer y defectos congénitos en personas y animales. El que se pone en vigor el 17 de mayo de 2004 con 151 signatarios, donde se incluyen la mayoría de los países "desarrollados" con excepción de los Estados Unidos de América.

El Convenio de Estocolmo determina a una docena de compuestos sobre los que es preciso emprender acciones de forma prioritaria, conocida como la "docena sucia", debido a sus efectos dañinos, su presencia en el medioambiente y su persistencia en el interior del cuerpo humano dado que son productos organoclorados. **(Anexo 1)**.

La Convención de Estocolmo fue firmado por el gobierno de México el 22 de mayo del 2001 y el senado la aprobó en octubre del 2002, y se ratificó en febrero del 2003. Los objetivos principales de esta Convención establecen una serie de compromisos y oportunidades para los países signatarios, entre las que se incluyen: designar un punto focal nacional; brindar asistencia técnica a otros países que lo requieran; promover la participación pública y la difusión de información y llevar a cabo actividades de investigación, desarrollo y monitoreo.

Cuba suscribe el Convenio de Estocolmo el 23 de mayo del 2001 y decide trabajar en función de acceder a los fondos financieros que ofrece el Fondo para el Medio

Ambiente, a partir de la elaboración de un plan de aplicación Nacional para la implementación del Convenio de Estocolmo. Ya en febrero del 2004 el Fondo para el Medio Ambiente Mundial aprobó el otorgamiento de fondos financieros a nuestro país para apoyar la elaboración del Plan de Aplicación Nacional sobre los contaminantes orgánicos persistentes.

Otras de las acciones auspiciadas por el PNUMA es el Convenio de Róterdam sobre el procedimiento de consentimiento fundamentado previo aplicable a ciertos plaguicidas y productos químicos peligrosos objeto de comercio internacional entró en vigor el 24 de febrero de 2004. Este convenio representa un paso importante para garantizar la protección de la población y el medio ambiente de todos los países de los posibles peligros que entraña el comercio de plaguicidas y productos químicos altamente peligrosos, contribuirá a salvar vidas y proteger el medio ambiente de los efectos adversos de los plaguicidas tóxicos y otros productos químicos y establecerá una primera línea de defensa contra las tragedias futuras impidiendo la importación no deseada de productos químicos peligrosos, en particular, en los países en desarrollo.

El Convenio de Estocolmo sobre los Contaminantes Orgánicos Persistentes y el Convenio de Róterdam sobre el procedimiento de Consentimiento Fundamentado³Previo constituyen acuerdos importantes, que viene a complementar otros pactos de acción mundiales o regionales relacionados con el manejo de productos químicos, tales como el Convenio de Basilea.

La mayor conciencia ambiental surgida a través del Convenio de Basilea, Convenio de Rotterdam y otros acuerdos medioambientalistas llevaron a que los países en vías de desarrollo y aquellos desarrollados legislaran sobre la materia y se normara su clasificación, almacenamiento y disposición final.

³El procedimiento de CFP es un mecanismo para obtener y difundir oficialmente las decisiones de la Partes importadoras acerca de si desea recibir en el futuro expediciones de los productos químicos enumerados en el Anexo III del Convenio y para garantizar el cumplimiento de esas decisiones por las Partes exportadoras. Para cada producto químico enumerado en el Anexo III sujeto al procedimiento de CFP, se prepara un documento de orientación para la adopción de decisiones y se remite a todas las Partes. La finalidad de ese documento es ayudar a los gobiernos a evaluar los riesgos asociados a la manipulación y utilización del producto químico en cuestión y a adoptar decisiones más fundamentales sobre su importación y utilización en el futuro, teniendo en cuenta las condiciones locales.

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

Una conclusión definitiva de los tratados y su efectiva aplicación se hace cada vez más imperativa, para ello, la comunidad internacional y los gobiernos nacionales deben empeñarse, en el desarrollo de normas y códigos de práctica claros que aseguren que el manejo de los desechos peligrosos sea ambientalmente solvente.

1.1.1.- Antecedentes e importancia de la gestión ambiental

Existen muchos antecedentes de las normas ambientales internacionales, sin embargo las premisas fundamentales se consideran a partir de la Cumbre de la Tierra que se celebró en el mes de junio de 1992 en Río de Janeiro, Brasil, conocida como ECO'92. Esta Cumbre, reafirmando la Declaración de la Conferencia de Naciones Unidas sobre Ambiente Humano, adoptada en Estocolmo el 16 de junio de 1972, proclamó un conjunto de principios, entre los que se encuentra el principio 11 que establece.- “Los Estados deberán promulgar leyes eficaces sobre Medio Ambiente⁴.”

Las normas, los objetivos de ordenación y las prioridades ambientales deberán reflejar el contexto ambiental y de desarrollo a que se aplican. Las normas aplicadas por algunos países pueden resultar inadecuadas y representar un costo social y económico para otros países, en particular los países en desarrollo”.

Como resultado de esta Cumbre se acordó encargar a la Organización Internacional para la Normalización (ISO) estudiar y proponer la forma de crear un conjunto de normas ambientales internacionales.

A partir de este momento algunos países comenzaron a elaborar sus normas sobre Sistemas de Gestión Ambiental y unieron sus experiencias para que en el Comité Técnico 207 “Gestión ambiental” de la ISO se elaboraran normas sobre sistema de

⁴Medio Ambiente. Los alrededores, en los cuales una organización opera, incluyendo aire, agua, suelo, recursos naturales, flora, fauna, seres humanos y sus interrelaciones. En este contexto, los alrededores se extienden desde el interior de una organización hasta el sistema global

gestión ambiental. Las primeras normas internacionales de gestión ambiental fueron aprobadas por la ISO en diciembre de 1996 y fueron.-

- **ISO 14001 Especificación con orientación para su uso.-** es la norma utilizada para la demostración por la Organización de la conformidad de su sistema de gestión ambiental. Es decir, puede ser utilizada para que la organización declare que tiene un sistema de gestión ambiental implantada, para demostrar esta condición a un cliente y con fines de certificación por una tercera parte autorizada.
- **ISO 14004 Directrices generales de principios, sistemas y técnicas de apoyo.** Puede ser utilizada para el desarrollo e implantación del sistema de gestión ambiental, pero no con fines de certificación o de demostración de la conformidad. Esta norma establece directrices y proporciona orientación a las organizaciones para que estas puedan desarrollar satisfactoriamente su sistema.

La importancia de la gestión ambiental establecida en las normas ISO de la conocida serie 14000 está dada en que constituyen una herramienta para que las direcciones de las organizaciones puedan desarrollar gestión en lo concerniente al medio ambiente, teniendo en cuenta el estado de la interrelación de sus productos y procesos con el medio ambiente en correspondencia con lo establecido en la legislación aplicable en cada caso.

Se debe destacar que las normas ISO 14000 se aplican tanto al Sistema de Gestión Ambiental⁵ de la organización como al producto que esta ofrece a través del etiquetado ambiental.

1.2.- Presupuestos políticos, económicos, sociales y normativos en Cuba sobre desechos peligrosos

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”,

⁵Sistema de Gestión Ambiental. Aquella parte del sistema de gestión global que incluye la estructura organizativa, las actividades de planificación, las responsabilidades, las prácticas, los procedimientos, los procesos y los recursos para desarrollar, implantar, lograr, revisar y mantener la política ambiental.

además en su artículo 49 se establece “El Estado garantiza el derecho a la protección, seguridad e higiene del trabajo, mediante la adopción de medidas adecuadas para la prevención de accidentes y enfermedades profesionales. Ambos artículos encaminados a la protección de la salud humana y por ende al medio ambiente

Los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución aprobados en el sexto Congreso del Partido Comunista de Cuba en el tema V referido a la Política de Ciencia, Tecnología, Innovación y Medio Ambiente, específicamente en el lineamiento 131 se precisa “ sostener y desarrollar los resultados alcanzados en el campo de la biotecnología, la producción médico farmacéutica, la industria del software y el proceso de informatización de la sociedad, las ciencias básicas, las ciencias naturales, los estudios y el empleo de las fuentes de energía renovables, las tecnologías sociales y educativas, la transferencia tecnológica industrial, la producción de equipos tecnología avanzada, la nanotecnología y los servicios científicos y tecnológicos de alto valor agregado. Además en el lineamiento 133 plantea sostener y desarrollar investigaciones integrales para proteger, conservar y rehabilitar el medio ambiente y adecuar la política ambiental a las nuevas proyecciones del entorno económico y social...

El acuerdo 4002 de fecha 24 de abril de de 2001, emitido por el Comité Ejecutivo del Consejo de Ministros, establece en su Apartado Segundo, numerales 15, 23, 30 y 31, respectivamente que el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente supervisa y exige 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.

Es a partir de los presupuestos constitucionales y de la política establecida por la dirección de la Revolución que surge la Ley 81 del Medio Ambiente, la que en su artículo 18, precisa los instrumentos jurídicos para la aplicación de la política ambiental cubana, y en el artículo 19 establece que los planes, programas y proyectos de desarrollo económico y social deben elaborarse o adecuarse según proceda en concordancia con los principios rectores de esta Ley, así como con los programas ambientales establecidos por las autoridades competentes”.

La resolución 96 del 2004 del Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente estableció la prohibición de importación de PCB y equipos eléctricos con contenido de esta sustancia superiores a 50 PPM, además prohíbe la comercialización interna de equipos eléctricos con contenido de esta sustancia, a fin de poder realizar el seguimiento a las existencias de esta aplicación en el país y así mantener un estricto control de las mismas para adoptar las medidas necesarias y oportunas que se requieran.

El “Código del Trabajo”, establece el derecho a la protección, seguridad e higiene del trabajo; la protección a las mujeres, adolescentes y discapacitados, prácticas en construcciones e instalaciones, prácticas asociadas a los accidentes de trabajo y enfermedades profesionales y a los subsidios. Por otro lado la Ley 13 “Protección e Higiene del Trabajo”, establece los preceptos, la política y los principios del Estado en materia de Seguridad del Trabajo y el tratamiento especializado a mujeres, adolescentes y discapacitados, de igual manera la Ley 24 “Seguridad Social”, define las prácticas para la protección al trabajador y a su familia en caso de su muerte”.

Otras regulaciones la constituyen resolución No. 32/2001, sobre el registro y aprobación de los equipos de protección personal y la resolución No. 31/2000, acerca de los procedimientos prácticos generales para la Identificación, Evaluación y Control de los Factores de Riesgo en el trabajo.

Sobre la base de estas regulaciones legales y normativas nacionales, se conformó el Plan de Aplicación Nacional, que tiene como objetivo la eliminación y/o reducción de las liberaciones de contaminantes orgánicos persistentes, entre los que se encuentran PCB, y con ello disminuir los riesgos a la salud humana.

1.2.1.- Situación ambiental relacionada con los desechos peligrosos en Cuba.

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.

1.2.2.- Propuestas e implementación 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 par atener 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 del **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.

1.3.- Clasificación de residuos o desechos peligrosos

La clasificación de desechos peligrosos queda establecida para toda sustancia o artículo que se convierta en desecho y que por sus características físicas, biológicas o químicas representan peligro al ser humano y al medio ambiente. (Artículo 3 de la resolución 136 del 2009, emitida por el CECM)

Se denomina residuo a "cualquier sustancia u objeto del que su poseedor se desprenda o del que tenga la intención de desprenderse".

En forma genérica se entiende por los desechos o residuos provenientes de cualquier actividad y en cualquier estado físico, incluidos toda sustancia o artículo que se convierta en desecho y que por la magnitud o modalidad de sus características físicas, biológicas o químicas, pueda representar un peligro para el medio ambiente y la salud humana. Entre ellas características corrosivas, tóxicas, venenosas, explosivas, inflamables, biológicamente perniciosas, infecciosas, irritantes o cualquier otra, representen un peligro para la salud humana y el medio ambiente. Lista de Características peligrosas (**Anexo 2**)

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). (**Anexo 3**)

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.

Los residuos se clasifican en:

- Residuos asimilables a urbanos.- Aquellos que no tengan la calificación de peligrosos y que por su naturaleza o composición pueden asimilarse a los producidos en los domicilios particulares, comercios oficinas y servicios.
- Residuos peligrosos.- Los listados en la Orden MAM/304/2002, Lista Europea de Residuos identificados con el símbolo asterisco. Son materias que en cualquier estado físico o químico, contienen elementos o sustancias que pueden representar un peligro para el medio ambiente, la salud humana o los recursos naturales.
- Residuos no peligrosos.- Aquellos que no sean peligrosos, que no puedan asimilarse a los generados en los domicilios y que tampoco puedan ser englobados dentro de los inertes porque generan cantidades significativas de lixiviado, por ejemplo unos lodos de depuradora no peligrosos.

- Residuos inertes.- aquellos residuos que no experimentan transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas. Los residuos inertes no son solubles, ni combustibles, ni reaccionan física, ni químicamente, ni de ninguna otra manera, ni son biodegradables, ni afectan negativamente a otras materias con las cuales entran en contacto de forma que puedan dar lugar a contaminación del medio ambiente o perjudicar a la salud humana.

Para conocer si el residuo contienen sustancias peligrosas en primer lugar se recurrirá a las fichas de seguridad de los productos que han intervenido en la formación del residuo, si estos son peligrosos, se puede considerar que esas sustancias peligrosas estarán también presentes en el residuo.

La gestión de residuos abarca también la gestión de residuos peligrosos. Los peligros⁶ que entrañan a la población y al medio ambiente provienen de las propiedades peligrosas intrínsecas que presentan riesgos en la salud y al medio ambiente.

Hasta hace pocas décadas, los desechos hoy catalogados como peligrosos eran parte de los desechos industriales, hospitalarios e incluso domiciliarios. Éstos se depositaban en lugares no autorizados, basureros, orillas de ríos o humedales o simplemente se vertían a cuerpos de agua o bien se disponían en vertederos municipales juntamente con los desechos sólidos domiciliarios.

Debido a esto la ingeniería ambiental ha tenido un papel preponderante en modelar planes de manejo de desechos peligrosos y por otro lado la autoridad ha debido normar estas actividades. Debido a estas regulaciones legales que el Estado en su función garante de preservar la salud pública y el medio ambiente ha elaborado leyes ambientales al respecto. Los generadores de desechos peligrosos a su vez se han visto obligados a clasificar sus desechos y a contratar servicios para su procesamiento y disposición definitiva.

Son desechos peligrosos los que provienen de:

- Desechos hospitalarios.
- Desechos de industria química e industria farmacéutica.

⁶Estos peligros son los efectos mutagénicos, teratogénicos, cancerígenos, la reactividad con el medio pudiendo generarse productos altamente tóxicos o dañinos, y los efectos a largo plazo.

- Desechos de la actividad agropecuaria o forestal como fungicidas, plaguicidas, biocidas.
- Desechos mineros tales como relaves mineros, emisiones aéreas de chimeneas.
- Desechos de la industria energética tales como los aceites de transformadores eléctricos que contengan bifenilos, policlorados, coplanares.
- Desechos de la industria del petróleo tales como bituminosos, alquitrán, emulsiones acuosas.
- Desechos de la industria textil tales como cromo oxidado, colorantes, ácidos.
- Desechos de la industria militar o industria afín.
- Desechos de centros de investigación científica, tales como solventes y reactivos usados, etc.
- Desechos de la industria del plástico.

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.

(Anexo 4)

También es importante el etiquetado que 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. **(Anexo 5)**

1.3.1.- Gestión y manejo de residuos peligrosos

Existen varios conceptos sobre la gestión de residuos, lo cuales puede diferir en su uso entre las diferentes regiones.

La gestión de residuos puede involucrar a sustancias sólidas, líquidas o gaseosas con diferentes métodos para cada uno. La gestión de residuos difiere para países

desarrollados y en desarrollo, para zonas urbanas y rurales, residenciales, industriales y productores comerciales.

Aunque a todos los desechos hay que darle un tratamiento y destino final correcto, no es igual de importante la atención que se le brinda si se tiene en cuenta que los desechos o residuos se clasifican en peligrosos o no.

Este estudio va encaminado a los desechos peligrosos, considerados así por tener propiedades intrínsecas que presentan riesgos para el medio ambiente y la salud de las personas. Las propiedades peligrosas son toxicidad, inflamabilidad, reactividad química, corrosividad, explosividad, reactividad, radioactividad o de cualquier otra naturaleza que provoque daño a la salud humana y al medio ambiente.

Su procedencia es casi exclusivamente de la industria química pesada, la agroindustria (pesticidas), la industria forestal (preservantes), la gran minería (elementos tóxicos extrínsecos) y los hornos de fundición asociados a la minería cuya tasa de emisión de contaminantes son altísimas. Las leyes sanitarias y medioambientales de muchos países desarrollados o en vías de desarrollo que tienen políticas sustentables, obligan a este tipo de industrias a disponer sus residuos en empresas autorizadas para disposición final.

Se considera desecho peligroso a todo residuo o mezcla de residuos que presenta riesgo para la salud de las personas y efectos perjudiciales al medio ambiente, ya sea directa o indirectamente.

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.

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.

Así entonces, el manejo integral de los desechos peligrosos abarca las etapas siguientes:

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 introducirse en el análisis de las soluciones, se debe tener en cuenta que la gestión ambiental de residuos tiene múltiples aspectos y no puede abordarse exclusivamente desde un punto de vista técnico y ambiental, sino que tendrá que contemplar la dimensión social y económica, así como factores políticos, institucionales y culturales de cada región.

Para ello es esencial conocer la real dimensión y complejidad del problema, a efectos de diseñar soluciones adecuadas, sobre la bases de una visión sistémica.

Se debe tener en cuenta que el diseño de un sistema de gestión de residuos y en particular el de residuos peligrosos será complejo en atención a la diversidad de actores que intervienen y la amplia variedad de tipos de residuos que lo componen.

En el marco de una política de gestión integral de residuos acorde con el desarrollo sostenible, es necesario definir jerarquías en las estrategias de gestión. Las jerarquías en la gestión obviamente tendrán como primera prioridad evitar la generación de residuos en la fuente, dejando la alternativa de disposición final como última opción de manejo. **(Anexo 6)**

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.

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

Unos años atrás, la logística básicamente estaba relacionada con la gestión de la cadena de suministro de una empresa. 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.

Además considerando que 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, lo cual no ha pasado con el término de logística inversa, puesto que se ha estado profundizando en ello desde hace poco más de diez años.

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, donde los fabricantes inteligentes están diseñando procesos eficaces para reusar sus productos.

En la literatura existen múltiples definiciones del concepto de logística inversa, retrologística o, la logística de la recuperación y el reciclaje. Desde el punto de vista ambiental, podría definirse 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).

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).

1.4.1.- 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: el creciente aumento de los productos retornados, las oportunidades de venta en los mercados secundarios, la enorme proliferación de las devoluciones fin de vida, 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.

Según las definiciones del punto anterior, la logística inversa es un importante sector de actividad dentro de la logística que engloba multitud de actividades. Algunas de estas actividades tienen connotaciones puramente ecológicas, como la recuperación y el reciclaje de los productos, evitando así un deterioro del medio ambiente. Otras buscan, de alguna manera, mejoras y mayores beneficios en los procesos productivos y de abastecimiento de los mercados. 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.

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.– *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.

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 2.

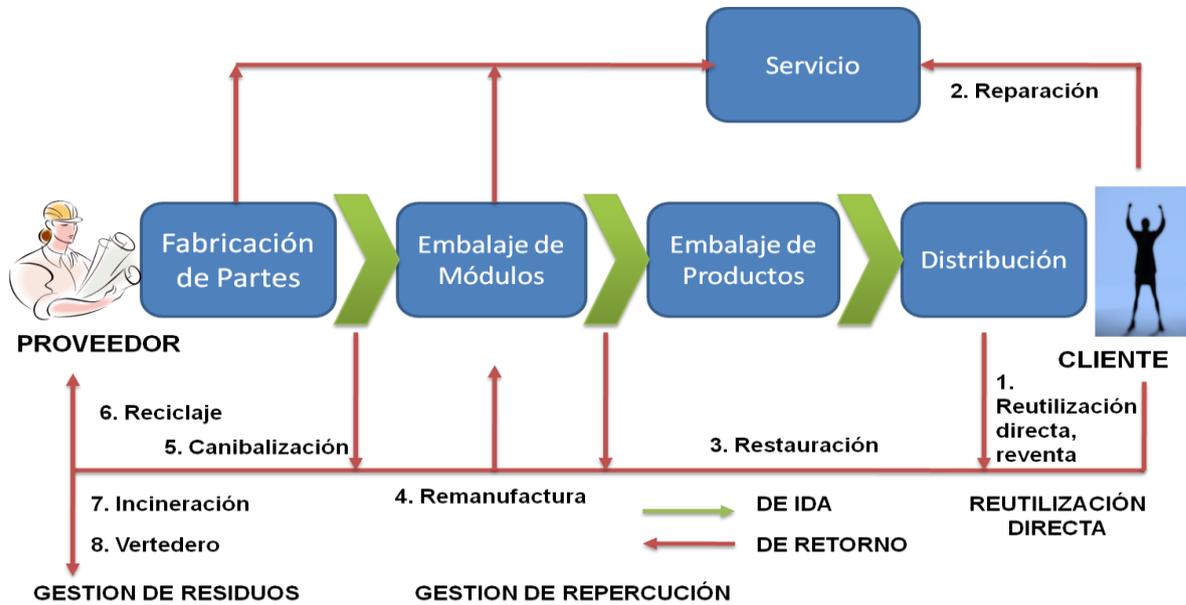


Figura 2.- Fabricación de un producto.

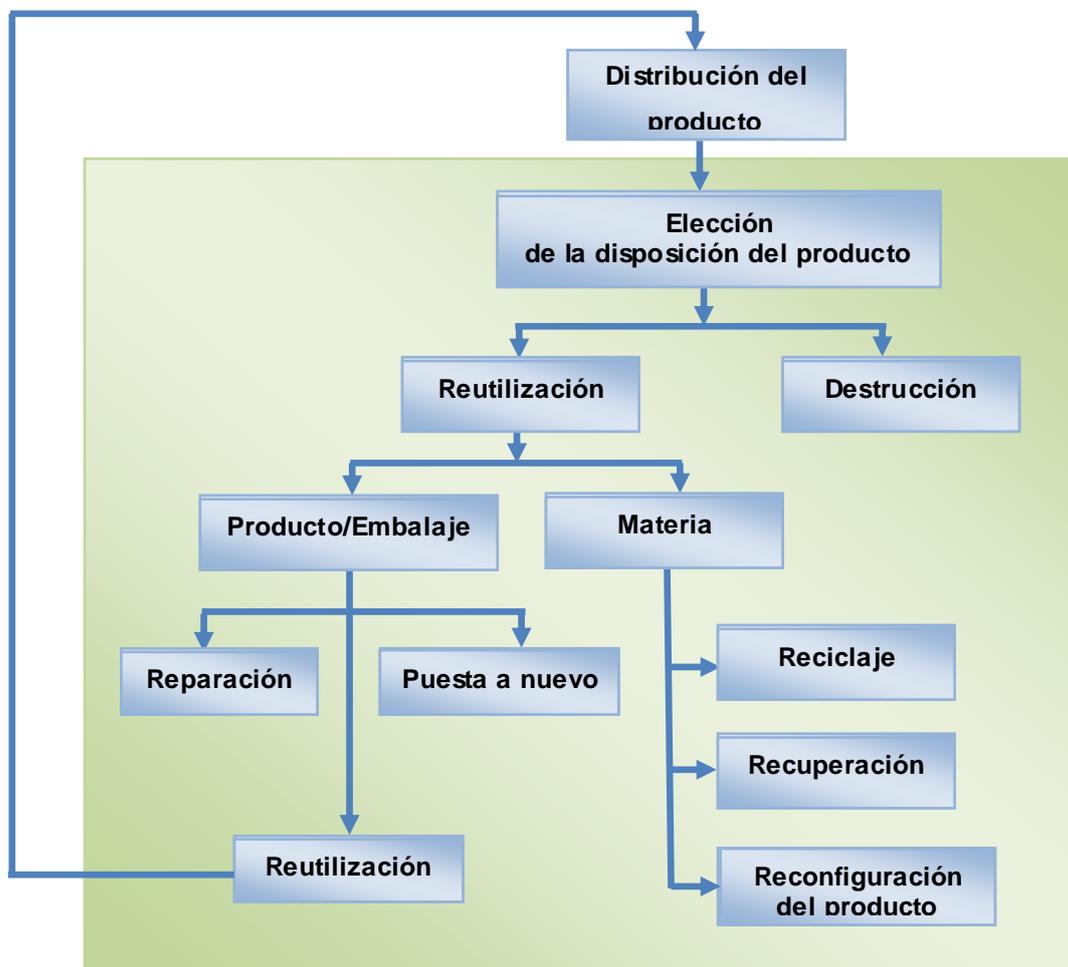


Figura 3: Distribución del Producto. **Fuente:** Feal Velázquez, Javier 2009.

1.4.2.- 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. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mucho mayor • Menor • Mucho menor • Puede ser mayor • Mucho mayor • Mucho mayor

<ul style="list-style-type: none"> • Manipulación • Reparaciones y reempaquetado • Cambio de valor en los libros 	<ul style="list-style-type: none"> • 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), aun cuando los beneficios no son inmediatos, el involucramiento con la logística inversa puede ser un paso estratégico si se espera una legislación ambiental, asimismo 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; asimismo, 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).

1.4.3.- 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 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.

La siguiente figura (figura 1) indica las 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.

1.4.4.- 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 figura 4

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



Figura 4: *Evolución de los objetivos de la Logística Inversa.* Fuente: Basilio Balli Morales

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 de los recursos financieros necesarios para su solución definitiva.

1.5.- Conclusiones 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 generan 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 trasnacionales muchos de estos residuos se han trasladado a los países del tercer mundo.

- En Cuba se genera más del 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.

CAPITULO 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 MINDUS 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 Nuclear 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 SERVIQUÍMICA 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.- Descripción del Proyecto 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 y agua. 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.

2.2.1.- 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 lumínico.
- 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.

2.2.2.- 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, 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 Confienatorio.
- 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 askareles (PCB).
2. Solución residual con contenido de arsénico.
3. Lodos galvánicos

4. Tetraetilo 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 (MINDUS, 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 el 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 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 recomendadas, frecuencia de análisis en cada uno de los sitios actuales de almacenaje.

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

2.3.1.- 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.

2.4.- 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 5.(Anexo 7)**



Figura 5: 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.

2.4.1.- 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. **(Anexo 2 y 3)**

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 agrupan 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.**(Anexo 8)**

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 cuáles se reconoce el residuo.
2.	Fórmula Química: Expresión físico-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 la posibilidad 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 parámetros 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. (**Anexo 9**)

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, m3 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.

2.4.2.- 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 confinatorio 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 confinatorio.

Paso 4- Disponibilidades Logísticas necesarias

En este paso al igual que en el anterior se trabaja sobre la determinación de las disponibilidades logísticas, con la diferencia que ahora se relaciona la situación actual del residuo y las disponibilidades 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 almacenamiento** 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.

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.

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 6**.

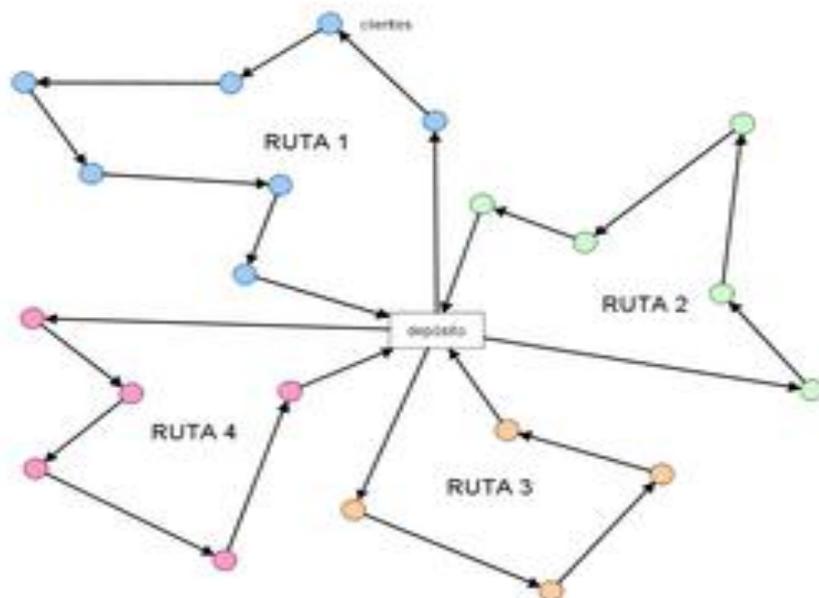


Figura 6: Modelo ejemplo del método de las margaritas para determinar las rutas a recorrer.

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.

2.4.3.- 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 7**.

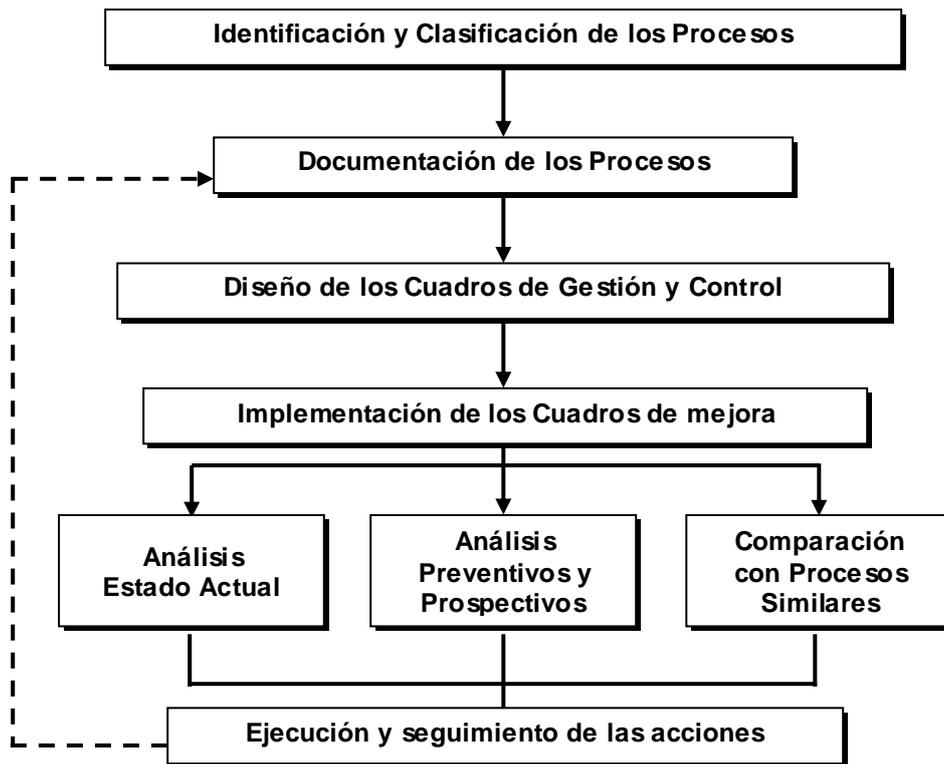


Figura 7: Procedimiento para diseñar sistemas de Control de Gestión por procesos. **Fuente:** Brito Brito, 2009.

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 8** se muestra la secuencia de pasos que sigue el mismo.

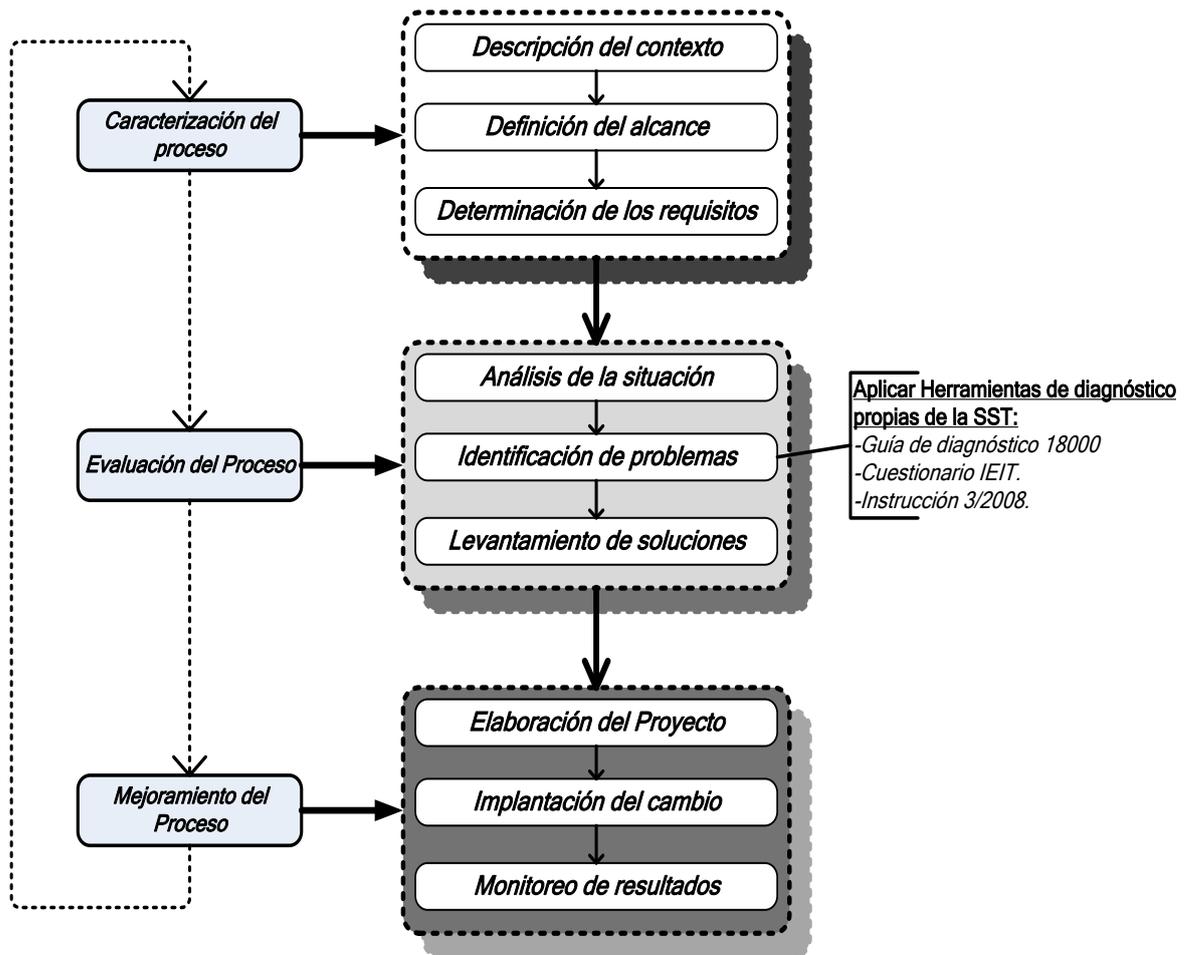


Figura 8: Secuencia de pasos del Procedimiento para la Gestión por Procesos. **Fuente:** Villa González del Pino y Pons Murguía (2006), Pérez Hernández (2010).

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 (**Anexo 10**)

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.

2.4.4.- 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 relizar 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 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.

2.5.- 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 analizar 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 teórica 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.

CAPITULO 3.- Implementación del procedimiento para la gestión logística de los Transformadores con contenido de PCB

3.- Introducción

En este capítulo se realiza la implementación del procedimiento anteriormente diseñado en los Transformadores que contienen PCB, describiendo cada una de las etapas con sus herramientas propuestas.

3.1.- Caracterización general de los residuos en Cuba

En Cuba existe una cantidad elevada de desechos y productos químicos caducados y ociosos peligrosos que han envejecido y acumulado por años, muchas veces en condiciones inseguras, existiendo posibilidad que puedan contaminar las cosechas, el agua, el aire, los animales y en fin afectar la salud humana.

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, 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 seguimiento a la generación de los llamados desechos peligrosos en sus fuentes de origen y el manejo seguro a lo largo de su ciclo de vida, constituye línea priorizada en las acciones desarrolladas por el CITMA.

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 (**Anexo 11**) los los mayores generadores son el antiguo MIMBAS con un 56% y el SIME con un 30% lo que representa un 86 % del total. (**Gráfico 1**)

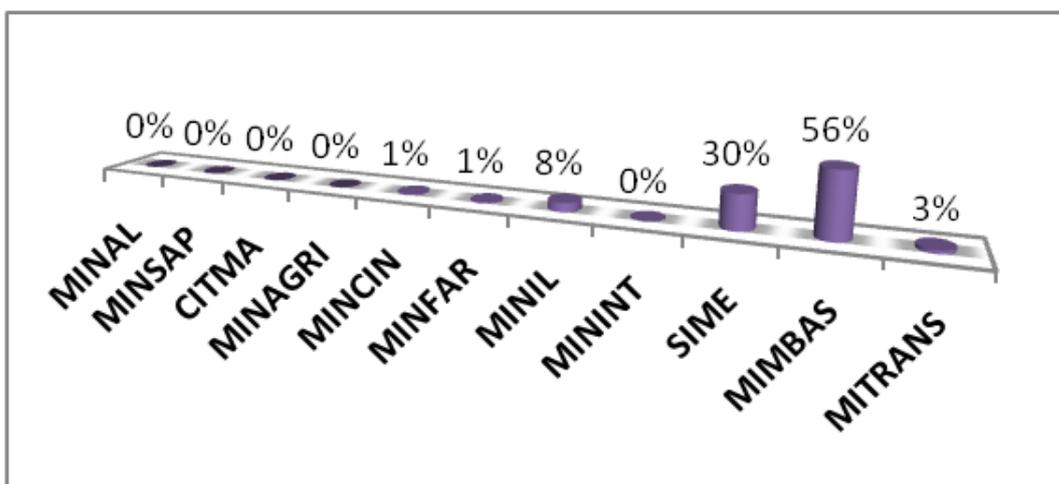


Gráfico 1: Productos a confinar por organismos. **Fuente:** CITMA 2009.

Por zona geográfica se refleja 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**.

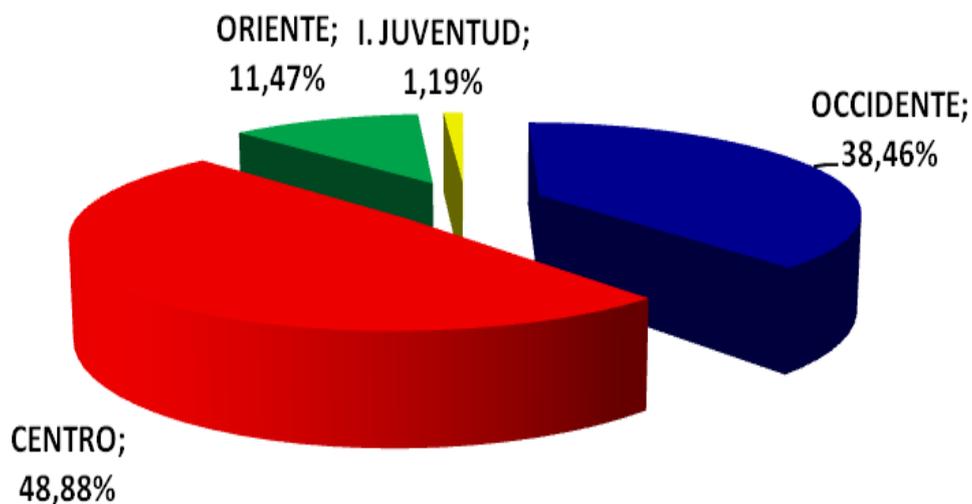


Gráfico 2: Distribución de los residuos peligrosos por zona geográfica. **Fuente:** CITMA 2009.

El inventario tomado como referencia representa el total de residuos a confinar existentes en nuestro país (**Anexo 12 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 o PCB presente en transformadores y en Capacitores con un 3%.

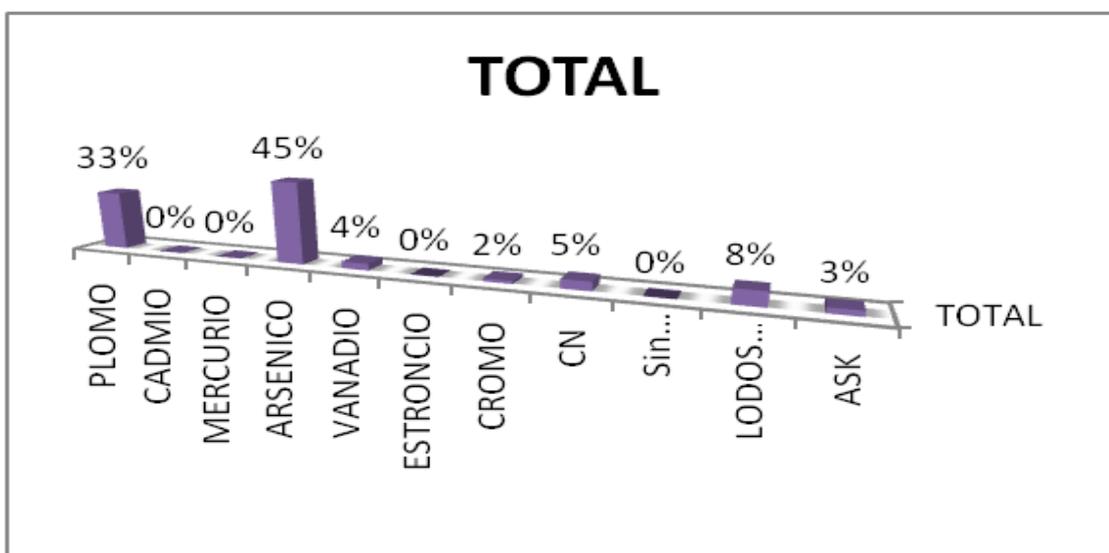


Gráfico 3: Productos a Confinar en Cuba. **Fuente:** CITMA 2009

El análisis realizado a los residuos peligrosos que se están investigando en la primera etapa del proyecto Confinatorio (**Ver Anexo 13**) 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**.

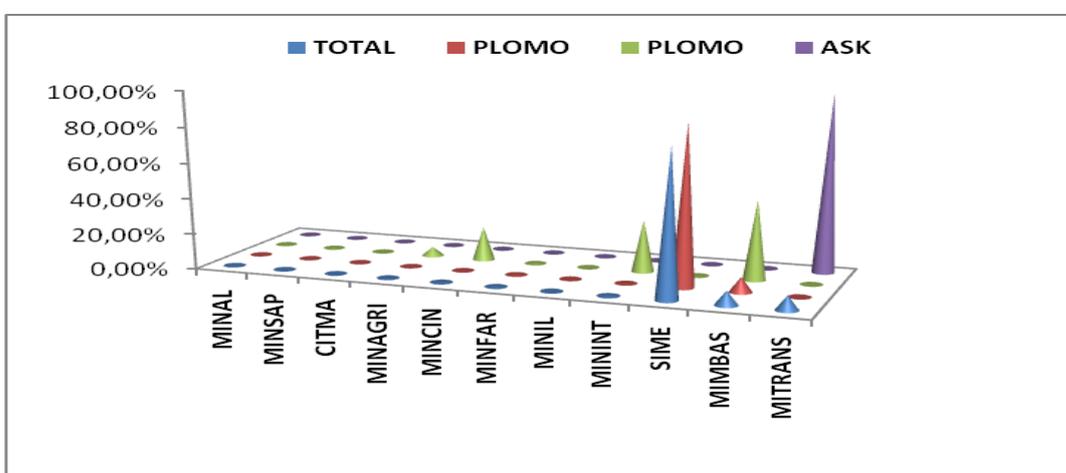


Gráfico 4: Generación de residuos peligrosos por organismos. **Fuente:** CITMA 2009.

Según inventarios nacionales realizados en diferentes años, se puede apreciar como la cifra de aplicaciones con contenido de PCB ha aumentado, considerando que es muy bueno, esto confirma la profundidad de las inspecciones y/o verificaciones realizadas por los especialistas en las Industrias y Entidades, así como una mayor conciencia de los directivos y trabajadores en su identificación para la solución definitiva de los mismos.

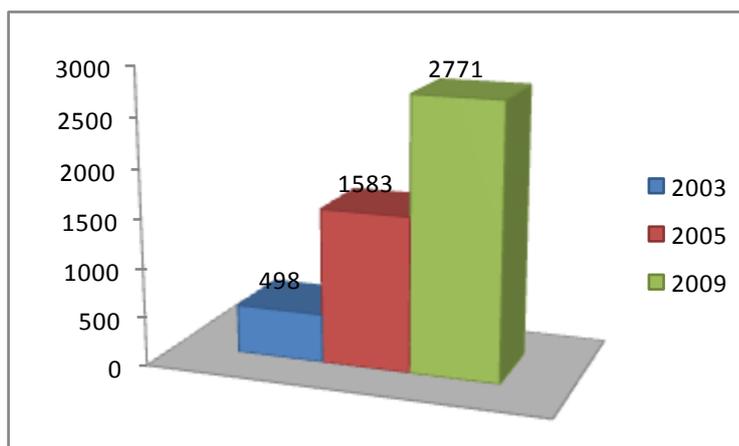


Gráfico5: Cantidad de aplicaciones con contenido de PCB (en Kg) en los inventarios Nacionales realizados **Fuente:** CITMA 2009.

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

Se hace necesario en el país dar tratamiento adecuado y manejo seguro a desechos o residuos peligrosos que se vienen generando durante años, es por ello que se realiza la creación de un proyecto que plantea la reparación de la exCen para concentrarlos allí y luego darle su posterior tratamiento ,inicialmente se confinaran cuatro residuos, pero el caso de estudio de esta investigación es analizar los Transformadores con contenido de PCB.

Los transformadores son aparatos que pueden aumentar o disminuir el nivel de voltaje de una corriente eléctrica.

El voltaje debe disminuir antes de llegar a cualquier usuario, para así ajustarse a sus necesidades. Una fábrica puede necesitar quizás unos miles de voltios, mientras que las necesidades domésticas pueden ser de unos cientos de voltios. Esta disminución o reducción del voltaje se logra por medio de transformadores. Cada transformador que se ven en las subestaciones eléctricas, en la vía pública, el campo, en los postes, etc., tiene como misión reducir el voltaje.

Los transformadores varían mucho en cuanto a tamaño y forma. Todos tienen el mismo diseño básico que consiste en un núcleo de metal magnético alrededor del cual se colocan dos juegos de cables conductores (de cobre). La diferencia en número de vueltas entre estos cables, en las dos bobinas, es la que determina la diferencia proporcional entre voltaje de entrada y de salida.

Esta estructura está suspendida dentro de una cuba metálica y sostenida por separadores de madera (que tienen propiedades aislantes). Los dos circuitos eléctricos están equipados con electrodos de entrada que permiten conexiones eléctricas hacia el exterior. Estos electrodos están aislados del depósito metálico por medio de aislantes de cerámica.

Por último, y he aquí lo importante, el espacio vacío dentro de la caja del transformador debe llenarse con un líquido que evite que se generen cortos circuitos y chispazos. Por eso, en su fase final de fabricación, el transformador se rellena con un fluido dieléctrico especial, que generalmente se compone de mezclas de aceite a base de PCB. Luego se sella el transformador, o se le coloca un “respiradero” que permita cambios en el volumen del aceite (por las fluctuaciones de temperatura).

3.2.1.-Etapa 1: Caracterización de los Residuos Peligrosos.

El objetivo de esta etapa es la caracterización teórica y actual del residuo en investigación en este caso Transformadores conteniendo PCB, 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. Para ello se utiliza como herramientas los documentos del proyecto, búsquedas en internet, revisión de literaturas, ficha del residuo Para la caracterización actual de los residuos se debe seguir los siguientes pasos: puntos de almacenamiento o generación, inventario actual identificado, modos o flujos de generación. Para la realización de este paso se emplean como herramientas matrices de distancia y de localización, inventario de residuos del CITMA, diagramas de flujos de procesos.

PASO 1: Caracterización teórica.

- **Nombre Completo:**Fluídos eléctricos con contenido de askarel. (PCB en Transformadores).
- **Fórmula Química del Residuo:**C₁₂H₁₀-NcLN.
- **Otros Nombres del Residuo:**Policloro Bifenilo, Policloro Difenilo o Bifenilos Policlorados, cuyas siglas son PCB o DPC.

Caracterización de los Bifenilos Policlorados (PCB)

El askarel es un aceite oscuro, similar al aceite quemado de auto, se caracteriza por no ser flamable y poseer hasta un 70 % de PCB, se ha utilizado como aislante o refrigerante en los transformadores y equipos eléctricos debido a su resistencia a temperaturas extremas tanto altas como bajas sin cambiar su estado físico. Debido a que tiene una elevada concentración de este compuesto químico de cadena doble, es decir, sintéticamente los PCB's están formados por la unión de átomos de cloro a una molécula de bifenilo. Son sustancias químicas orgánicas que forman parte de la familia de los hidrocarburos aromáticos clorados, no se presentan en la naturaleza ya que son obtenidos mediante proceso de síntesis por cloración progresiva del bifenilo en presencia de un catalizador adecuado. Categorizados según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente como uno de los doce contaminantes más nocivos fabricados por el ser humano. Actualmente su uso está prohibido en casi todo el mundo, desde principios de 1980. A menos que se tengan otros datos, puede decirse que todo equipo fabricado antes de 1986 puede contener PCB. Hoy en día aún hay muchos transformadores que contienen PCB, la cuestión es identificarlos, darle el tratamiento que requiere y determinar su destino final sin causar riesgos a la salud humana y al hombre.

Surgimiento de los PCB's.

En 1881 se describió por primera vez la síntesis de los PCB, y su producción comercial comenzó a fines de los años 1920. Este líquido tenía la ventaja de ser menos denso que el agua, buen conductor del calor aislante y biodegradable, pero tenía riesgos de combustibilidad y explosión. Después de una serie de experimentos se descubrió, que si se introducía cloro a las partículas de benceno, desaparecía la combustibilidad del aceite y entonces podía ser usado como fluido dieléctrico resistente al fuego.

Los primeros PCB que se comercializaron fue para ser usados en transformadores y capacitores y fueron producidos en 1929 por la empresa Swann Chemical Company. Los PCB's son hoy una basura persistente y altamente peligroso y carcinógeno por el gran potencial tóxico y contaminante que poseen.

A mediados de 1970 cesaron algunas aplicaciones de PCB en algunos productos, pero siguieron utilizándose en transformadores, condensadores, termopermutadores y equipo hidráulico. Se estima que desde 1930 hasta la fecha se han producido un millón de toneladas de PCB en todo el mundo. Lamentablemente, una cantidad

considerable ha penetrado en el medio ambiente, y los efectos a largo plazo de estos compuestos son motivo de preocupación.

La Dra. Lilia A. Albert explica que el PCB forman parte de los llamados Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP's), compuestos que por sus características fisicoquímicas, resisten en grado variable la degradación fotoquímica, química y bioquímica lo que causa que su vida media sea elevada y por tanto su efecto contaminante perdure como peligroso.

Entre sus principales características se encuentra su resistencia al fuego, su baja conductividad eléctrica, su elevada estabilidad química y su resistencia a la acción de agentes oxidantes u otras sustancias químicas.

Sus principales propiedades físicas - químicas están dadas en que.

- Virtualmente insolubles al agua.
- Levemente soluble en aceites y altamente soluble en solvente orgánicos.
- No son afectados por la luz.
- Presentan alta capacidad de absorción del calor y resistencia al fuego, descomponiéndose solo a temperaturas mayores de 1000 grados centígrados.
- Tienen un alto nivel de inercia química y son resistentes a agente químicos como ácidos, bases y oxidantes.
- Disuelven o suavizan algunas gomas o plásticos.
- Son excelentes dieléctricos.
- Provocan efectos adversos a la salud humana y al medio ambiente debido a su persistencia en el medio, por su capacidad de bioacumularse en las cadenas alimenticias y su transportación a través del agua, el aire y las especies migratorias.

Los COP's se pueden clasificar en los que son de origen natural y los compuestos xenobióticos (DDT, toxafeno, PCB's o PBB's).

La mayoría de los COP's han sido restringidos en varios países, sobre todo los industrializados y en otros se siguen usando, y/o no hay control sobre ellos. Sus efectos biológicos adversos pueden ocurrir a corto y largo plazo. En los seres humanos están relacionados con una exposición directa (ocupacional o ambiental) o indirecta, de origen ambiental.

Cuando los COP's han entrado al ambiente, tienden a bioconcentrarse en los seres vivos y a bioacumularse a través del tiempo. Se distribuyen con facilidad y pueden encontrarse en forma de gases, adheridos a partículas de polvo, sedimentos, suelos, superficie de plantas e incluso agua y lluvia. Por su persistencia y movilidad, no disminuye su concentración, aunque cese o disminuya su producción.

Usos de los PCB.

Debido a su gran estabilidad térmica biológica y química, así como por su elevada constante dieléctrica, los PCB se usaron masivamente hasta mediados de la década de 1970 como aislantes para equipos eléctricos como transformadores, interruptores, condensadores y termostatos.

Por sus características antiinflamables, la mayoría de los aceites dieléctricos con PCB's se usaron fundamentalmente en áreas con alto riesgo de incendio, tales como plantas industriales, en transporte colectivo de tracción eléctrica (tranvías) y en la industria petroquímica, específicamente en:

- Transformadores eléctricos.
- Condensadores de alta y baja tensión.
- Electromagnetos, interruptores automáticos de media y alta tensión, reguladores de tensión.
- Motores eléctricos refrigerados con líquido.
- Cables eléctricos con óleo fluídos aislantes.
- Balastras de lámparas fluorescentes.
- Sistemas hidráulicos y lubricantes en equipos de minas y barcos.
- Plaguicidas, agroquímicos.

Los principales usos que se dieron fueron para el sector industrial y comercial, en equipos agregados o materiales, teniendo en cuenta su uso se han clasificado en aplicaciones abiertas y cerradas de PCB. **(Anexos 14 y 15)**

- Abiertos.- son aquellas en la que los PCB se consumen durante su uso o son irre recuperables tras su utilización, estas aplicaciones liberan el PCB directamente al medio ambiente. Ejemplo.- los plastificantes, los retardantes de llama en pinturas y revestimientos de superficie o plastificantes en los adhesivos.

- Cerrados.- son aquellas en la que los PCB están confinados dentro de un equipo totalmente sellado y por lo tanto las probabilidades de que el producto pueda pasar al medio ambiente se limita solo a la ocurrencia de fugas o derrames, a partir del deterioro de los equipos, la manipulación inadecuada durante las operaciones de mantenimiento o el retiro del servicio. Ejemplo.- los transformadores, capacitores, hornos de microondas, acondicionadores de aire, motores eléctricos, reactores de alumbrado, electromagnetos.

Los Policloruros de bifenilo son de lenta y difícil degradación, y buena parte de ellos en determinadas condiciones pueden permanecer durante siglos en el medio.

Identificación de los PCB

La división de productos químicos del PNUMA, a partir de la recopilación de datos relacionados al uso, fabricantes, nombres comerciales ha desarrollado etapas para la identificación de los PCB, aunque el método más común que se conoce es a través de su placa o chapilla, en el caso de no existir ésta o de existir y no brindar la información que se necesita, estos pueden ser identificados por su apariencia incolora o amarillenta, su olor y densidad (aproximadamente 1,5 contra 0.85 de los aceites).

Para determinar la presencia de fluidos en cualquier aplicación hay que someterlos a varias pruebas cualitativas, tales como.-

- Prueba de densidad.
- Prueba de presencia de cloro.
- Prueba de olor.

Resulta significativo que a pesar de conocerse todas las pruebas para determinar la presencia de PCB en las diferentes aplicaciones, solo se realizará la prueba de la densidad.

En el caso de los transformadores, los primeros llenados con PCB se fabricaban de forma muy parecida a los equipos que se llenaban con aceite. Pero los modelos posteriores se fabricaron como unidades completas o herméticamente selladas sin válvulas de drenaje ni dispositivos de acceso. La razón de ello es que como los PCB tenían la reputación de ser fluidos muy estables, no se degradarían como los aceites normales, y por eso los transformadores podrían sellarse para siempre. La experiencia ha demostrado que no es así.

Por desgracia, no existe ningún método absolutamente seguro para identificar por fuera a los transformadores que contienen PCB.

Clasificaciones según las Resoluciones:

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: Y10 Sustancias y artículos de desecho que contengan, o estén contaminados por, bifenilos policlorados (PCB), terfenilos policlorados (PCT) o bifenilos polibromados (PBB)

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. **(Anexo 2)**

Catálogo Europeo de Residuos

En este catálogo aparecen los condensadores o capacitores en el capítulo 16, aunque aparece un resumen del catálogo donde enumera todo lo que contiene PCB.

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

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

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.

En Cuba se utiliza la Clasificación del Anexo I del Convenio de Basilea.

Categoría: Y10 Sustancias y artículos de desecho que contengan, o estén contaminados por, bifenilos policlorados (PCB), terfenilos policlorados (PCT) o bifenilos polibromados (PBB)

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.

Comportamiento medioambiental del desecho peligroso askarel o PCB's.

Los bifenilo policlorados PCB's, están constituidos por todo un grupo de productos químicos que entran bajo la denominación de hidrocarburos clorados. Los PCB que aparecen comercialmente son una mezcla de 50 o más congéneres de PCB.

El carácter más volátil de los PCB s permite su paso desde el suelo a la atmósfera, donde pueden volver otra vez al suelo o a la hidrosfera, o pasar a formar parte de la cadena alimenticia por inhalación. Su estabilidad permite que se difundan grandes distancias antes de ser asimilados o degradados.

- Hidrosfera.- Llegan a la hidrosfera por solubilización de restos en sedimentos, excreción de organismos marinos y por deposición húmeda o seca desde la atmósfera.
- Atmósfera.- Llegan a la atmósfera por evaporación desde el suelo en zonas contaminadas, donde pueden adherirse a la superficie de aerosoles y dispersarse o volver al suelo o a la hidrosfera. El grado de evaporación depende del tipo de suelo y de su humedad, normalmente a suelo más seco se evaporan más rápidamente.
- Suelo.- se acumulan en el humus debido a su carácter lipófilo, desde donde pueden movilizarse con dificultad hacia la atmósfera o el agua. Su persistencia aumenta con el grado de cloración.

Estos compuestos son muy estables, por lo que no son modificados químicamente por la acción de ácidos, ni bases fuertes.

A finales de la década de 1960, encontraron concentraciones apreciables de PCB's en órganos, sangre, tejido adiposo y pelo de diferentes especies de animales salvajes, lo cual indicaba una gran difusión de estos compuestos en el medio ambiente. A raíz de estos hechos, se profundizó en la investigación de los efectos tóxicos de estos compuestos.

Toxicidad e Incompatibilidades.

La toxicología de los bifenilos poli clorados depende del número y la posición de los átomos de cloro. Si éstos están en posición orto los anillos no pueden rotar, y los isómeros en este grupo se llaman coplanarias y los demás no-coplanarias. Los bifenilos poli clorados coplanarias interactúan con los mismos receptores celulares

que las dioxinas y los foranos, y tienen efectos similares. Tienen una toxicidad aguda baja, es decir, los efectos agudos se observan a dosis muy altas, mientras que dosis bajas, no muestran efectos agudos, pero son promotores de tumores y tienen efectos crónicos en el desarrollo del sistema endocrino e inmunitario.(Centro Nacional de Referencia sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes, 2004)

Los bifenilos policlorados **no son compatibles** con Agentes Oxidantes (tales como Percloratos, Peróxidos, Premanganatos, Cloratos, Nitratos, Cloro, Bromo y Flúor) y Ácidos Fuertes (tales como el Clorhídrico, Sulfúrico y Nítrico).

Posibilidad de Envasado y embalado.

Los Béfenlos Poli clorados (PCB) pertenecen al grupo de embalaje II (**Anexo 16**). Se puede transportar este desecho como cantidad limitada, la cual deberá cumplir que en el envase interior la cantidad de PCB no se exceda una cantidad de Kg. Si los equipos que contienen los PCB están diseñados o construidos de manera que los recipientes destinados a contener este desecho peligroso puedan disponer de la protección adecuada, no se necesitará un envase exterior. Si el equipo es de tal forma que, en condiciones normales de transporte sea poco probable que los recipientes que contengan este desecho peligroso sufran daño. Estos recipientes se han de instalar, afianzar o amortiguar de manera que no puedan producirse roturas ni fugas y se controle el movimiento de tales desechos peligrosos dentro del aparato. El material amortiguador no deberá reaccionar peligrosamente con el contenido de los recipientes. Las propiedades protectoras del material amortiguador no se verán perjudicadas por cualquier fuga del contenido que pudiera producirse. En el caso que el desecho se requiera transportar a granel, se recomienda que los recipientes intermedios sean de metal, plástico rígido o compuestos.

Riesgos Asociados al Residuo.

Efectos agudos sobre la salud:

Los siguientes efectos agudos (a corto plazo) sobre la salud pueden ocurrir inmediatamente o poco después de la exposición o manipulación a los bifenilos policlorados:

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

- La exposición a los bifenilos policlorados puede causar dolor de cabeza, náusea, vómitos, pérdida de peso y dolor abdominal.

Efectos crónicos sobre la salud:

Los siguientes efectos crónicos (a largo plazo) sobre la salud pueden ocurrir algún tiempo después de la exposición a los bifenilos policlorados y pueden durar meses o años:

- Riesgo de cáncer
 - Los PCB son Probables Carcinógenos humanos. Existen indicios de que causan cáncer de piel, cerebro y páncreas en humanos y se ha demostrado que causan cáncer de hígado y glándula pituitaria, al igual que leucemia.
- Riesgo para la salud reproductiva
 - Los PCBs pueden ser Teratógenos humanos ya que son teratógenos en animales.
 - Existen indicios limitados de que los PCBs podrían afectar a la fertilidad masculina y femenina.
- Otros efectos
 - Los PCBs pueden causar la pigmentación pardusca de la piel, los ojos y las uñas de las manos.
 - El contacto con la piel podría causar una erupción parecida al acné (cloracné).
 - La alta exposición puede causar daño al sistema nervioso, causando dolor de cabeza, debilidad, entumecimiento y hormigueo en los brazos y las piernas.
 - Los PCBs podrían causar daño al hígado.

Precauciones en los Movimientos.

Antes de conocer las precauciones para los movimientos o manipulación de los PCB el trabajador debe saber lo límites de exposición laboral según las normas.

Límites de exposición laboral.

Según las normas:

- **OSHA:** El límite de exposición permisible (PEL) es de $1\text{mg}/\text{m}^3$ (cloro al 42%) y de $0.5\text{ mg}/\text{m}^3$ (cloro al 54%) como promedio durante un turno laboral de 8 horas.

- **NIOSH:** El límite de exposición recomendado (REL) es de 0.001 mg/m³ como promedio durante un turno laboral de 10 horas.
- **ACGIH:** El valor límite umbral (TLV) es de 1 mg/m³ (cloro al 42%) y de 0.5 mg/m³ (cloro al 54%) como promedio durante un turno laboral de 8 horas.

Los límites de exposición antes mencionados son solo para los niveles en el aire. Si también hay contacto con la piel, puede estar sobreexposto, incluso si los niveles en el aire son inferiores a los límites mencionados.

Se deben seguir las siguientes recomendaciones para garantizar la protección de la salud del personal involucrado en el manejo de aplicaciones con PCB:

- No ingerir o tener contacto con la piel, o con los ojos, ya que produce irritación.
- Nunca oler aceites contaminados con PCB pues estos vapores son tóxicos y provoca mareos.
- Todo recipiente que contenga PCB deberá estar herméticamente cerrado.
- No se deberá fumar en los lugares donde se trabaje con PCB, se debe evitar cuando la temperatura sobrepase los 60 °C, ya que a esta temperatura se generan vapores altamente tóxicos.
- No usar la ropa contaminada y si la ropa se contamina por cualquier accidente, desecharla y tratarla con residuo tóxico.
- Siempre que termine el trabajo con aplicaciones que contengan PCB lavar las manos cuidadosamente con agua y jabón. En caso necesario, bañarse.
- Usar siempre los medios de protección adecuados.
- Nunca realizar alguna operación de aplicaciones con PCB solo, principalmente después del horario normal de trabajo.

Las personas que trabajan con PCB deben estar al tanto de las precauciones necesarias para limitar la exposición prolongada a niveles altos de PCB.

Las principales vías de exposición son: aire (inhalación), ingestión (consumo de alimentos y agua) y cutánea (absorción a través de la piel) por lo que es importante tomar acciones tendientes a reducir estas vías de exposición. Vale la pena señalar que entre más alta es la concentración de PCB en el equipo o material contaminado que maneje un trabajador, con mayor rigurosidad debe observar las precauciones de seguridad.

Medios de Protección Propuestos.

Como el riesgo mayor de los PCB es la absorción cutánea, se debe tener especial cuidado al elegir la vestimenta de protección: overoles, botas o cubre zapatos, guantes y protecciones oculares. Los PCB pueden penetrar casi todos los materiales, pero existen algunos, como el caucho natural, que son particularmente permeables a los PCB y, por eso, no sirven como equipo de protección. Los cauchos o elastómeros florados a prueba de productos químicos son más adecuados, y los materiales laminados son los que ofrecen la mejor protección contra los PCB.

Ningún material es cien por ciento impermeable a los PCB. Por eso es preciso prever la sustitución periódica de todo el EPP. El proveedor del equipo generalmente proporciona detalles sobre el tiempo que tardan los PCB en permear el equipo protector, información que será útil para calcular, según cada operación, el momento en que los PCB comenzarán a penetrar en el equipo. Este factor se conoce como tiempo de paso; depende de la frecuencia y duración del contacto del equipo protector con los PCB, y puede variar según el tipo de trabajo que se realice. El proveedor deberá proporcionar los tiempos normales de paso para las distintas aplicaciones y decir si es necesario reducir este tiempo para tomar en cuenta otros factores, como la abrasión.

Si se utilizan botas de caucho, éstas deben ser desechadas regularmente, y se debe reforzar la protección de los pies utilizando cubre zapatos desechables que pueden usarse por dentro o fuera de la bota. Para el trabajo en laboratorio, es necesario utilizar batas y guantes desechables adecuados para evitar el contacto con la piel. Si hay riesgo de formación de polvo o humo (generado, por ejemplo, por calentamiento) se recomienda utilizar campanas extractoras de humos. Será necesario tratar todos los equipos de protección posiblemente contaminados como desechos de PCB y eliminarlos siguiendo los procedimientos pertinentes.

Puede resultar necesario el equipo de protección respiratoria en los siguientes casos:

- Cuando las áreas de trabajo tienen poca ventilación.
- Si se utilizan los congéneres menos clorados y más volátiles de PCB.
- Cuando pueden formarse aerosoles, y las temperaturas son anormalmente altas.

Se debe seleccionar el EPR que ofrezca la protección apropiada a los trabajadores. Debe ser equipo oficialmente aprobado. Si los trabajadores utilizan regularmente EPR no desechable en áreas sucias, debe informárseles de que su EPP puede contaminarse con PCB que pueden luego transferirse al rostro. Esta contaminación

puede generarse por absorción y transporte de los PCB a través del material de la máscara o, lo que es más probable, por contaminación del interior de la máscara debido a la manipulación y al mal almacenamiento cuando el equipo no se utiliza. Hay que cerciorarse de que los trabajadores estén enterados de estas posibilidades y de que estén informados de cómo reducir estos riesgos limpiando y dando mantenimiento constante a su EPP. Cabe mencionar que actualmente se están diseñando respiradores desechables.



Figura 9. Trabajadores con vestimenta de protección mientras trabajan con un transformador de PCB. Fuente: PNUMA (Primera Edición)

Tratamiento o Disposición Final.

Tratamiento (Reclasificación de Transformador): El procedimiento se inicia con una primera etapa dedicada al proceso de vaciado y escurrimiento de la totalidad del aceite contaminado perteneciente al transformador, para ello mediante bomba de vaciado, se extrae todo el aceite refrigerante para su envasado.

La segunda etapa es la de aspiración de todo el aceite contaminado escurrido que se encuentra depositado en el fondo de la cuba del transformador, luego del vaciado; Para ello, se utiliza un dispositivo/recipiente de extracción por vacío, y se aspiran todos los aceites escurridos.

La tercera etapa consiste en el lavado del transformador inyectando volúmenes parciales de Aceite Dieléctrico Regenerado, mediante un dispositivo de inyección especialmente diseñado.

Este proceso se denomina Spraying, y es utilizado para el arrastre de los aceites remanentes que quedan alojados en los distintos componentes sólidos (Metálicos y Porosos) del transformador.

Todo el aceite usado en los ciclos de lavado, se lo acumula para su posterior declorinación/regeneración.

La etapa final es el llenado del transformador para su reclasificación analítica como "Libre de PCB's".

Este procedimiento es a los efectos de evitar los sucesivos cambios de aceite a un transformador, para alcanzar los parámetros que fija la normativa ambiental. Este proceso es utilizado en transformadores que se encuentran Fuera de Servicio, ya que los tiempos que demandan esta tarea superan los estándares de cualquier parada por mantenimiento del transformador. También es aplicable a transformadores con averías considerables, los cuales tengan que ser desencubados para su reparación.

Este procedimiento permite además, utilizar un elemento de lavado compatible dieléctricamente con el transformador, no provocándole daños irreparables a los componentes internos, por consiguiente preserva el mismo estado de conservación, previo al proceso, por consiguiente se lo recarga con aceite dieléctrico nuevo y puede ser reutilizable con los mismos fines para que fue fabricado.

Disposición Final del Transformador: El procedimiento consiste en el tratamiento de transformadores eléctricos que funcionaron "exclusivamente" con aceite mineral contaminado con PCB's, mediante la reutilización de Aceite Dieléctrico Declorinado, como materia prima de lavado, luego de utilizado el aceite de lavado, se procederá a su redeclorinación y reutilización.

Los componentes porosos: Papel, cartón y maderas provenientes de los núcleos de los transformadores, mediante este sistema de lavado, alcanzarán una contaminación inferior a 50 ppm de PCB's de su peso, por consiguiente se prepararán para ser enviados a horno habilitado, para su destrucción por incineración.

Con respecto a los elementos metálicos procesados, quedarán con una presencia de PCB menor a 10 gr/dm², por lo que serán de libre disponibilidad para su revalorización como scrap en fundiciones metalúrgicas comunes.

Estas metodologías son utilizadas exclusivamente en transformadores que se contaminaron accidentalmente, es decir transformadores que fueron fabricados y ensamblados con Aceite dieléctrico mineral, como aislante/refrigerante; quedan excluidos de estos procedimientos los transformadores llenados por el fabricante con Askareles y/o Siliconas.

Paso 2: Caracterización Actual

Este paso tiene como objetivo definir los modos o flujos de generación, puntos de almacenamiento o generación y el inventario actual identificado del residuo. Se utilizaran 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 los transformadores 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 Transformadores con PCB fueron importados desde el exterior, en otra época, y actualmente están en desuso por su toxicidad y las exigencias de los convenios internacionales que anulan las actividades con estos y establecen que sean eliminados por todos los países.

Puntos de almacenamiento o generación.

Los Transformadores con PCB se encuentran almacenados actualmente en distintas provincias como Ciudad de la Habana, Sancti Spíritus, Huguín, Las Tunas y Guantánamo, 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. **(Anexo 17).**

Inventario actual identificado.

En el inventario realizado por el CITMA en el año 2009 de los desechos peligrosos generados en el país o equipos importados con desechos para ser utilizados como es el caso de los Transformadores con PCB, objeto de estudio de esta investigación,

se arrojó una serie de información asociadas a este residuo (**Anexo 18**) como por ejemplo las provincias y empresas donde existe mayor concentración del mismo, así es el caso de Ciudad de la Habana y Sancti Spíritus, como se muestra en el **Gráfico 6**.

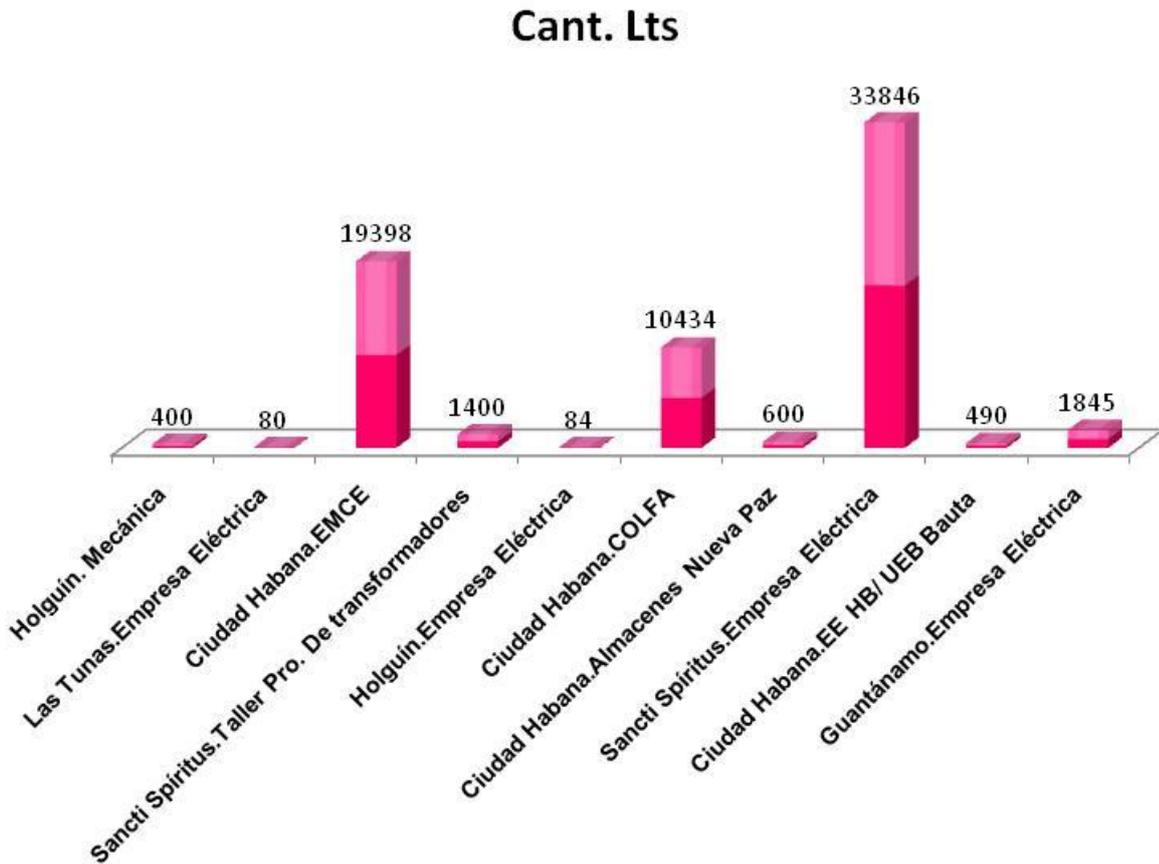


Gráfico 6: Cantidades en (Lts) de Transformadores con PCB en Cuba. **Fuente:** CITMA 2009

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 documentos del proyectos, cálculo de las capacidades de almacenamiento.

Paso 3: Disponibilidades Logísticas existentes

Medios de Contención.

En el Inventario de los Desechos del CITMA no se describen con exactitud las características de cómo están almacenados estos desechos en las empresas identificadas. Es decir, no se definen las características de los envases, embalajes, en cuanto al área, volumen, peso y otros aspectos relacionados con el lugar o la forma en la cual están almacenados.

Aunque en el Proyecto del Confinatorio se han definido un conjunto de normas para el almacenamiento de este desecho después de trasladado hasta el confinatorio.

En estas normas se proponen siete elementos para almacenar este desecho con una estructura en bloques, las cuales se muestran la tabla siguiente:

Elementos	Altura de las pilas	
	Pila común	Pila sobre tarima
Tambores metálicos o plásticos de 50-100 L o más	3 tambores (altura máxima: 4 tarimas)	1 tambor por tarima
Baldes metálicos de 20 a 50 L de capacidad	5 baldes (altura máxima: 3 tarimas)	3 baldes por tarima
Envases secundarios de cartón (frascos de vidrio, plástico o metal de 1 L)	Hasta 6 cajas (altura máxima: 2 tarimas)	4 cajas por tarimas
Envases secundarios de cartón (bidones de 5 L de capacidad)	7 cajas (altura máxima: 3 tarimas)	4 cajas por tarimas
Bolsas de polietileno, papel Kraft con polvos de 20 a 30 Kg.	12 camadas (altura máxima: 2 tarimas)	7 camadas por tarima
Bolsas de arpillera o polietileno con granulados de 25 a 50 Kg	10 camadas (altura máxima: 2 tarimas)	5 camadas por tarima
Bidones plásticos de 20 a 25 L de capacidad	5 bidones (altura máxima: 2 tarimas)	3 bidones por tarima

En estos casos de aplicación se plantea además que los envases que hayan contenido PCB se podrán utilizar para almacenar PCB fuera de uso si cumplen las presentes especificaciones.

Que los envases utilizados para guardar PCB no deben ser enajenados, ni utilizados para acondicionar otros productos.

Así como que los equipos y/o envases serán almacenados siempre en posición vertical, con sus válvulas y/o tapas cerradas.

Los equipos que contengan PCB serán manipulados y movilizados con cuidado a fin de evitar choques mecánicos que puedan ocasionar pérdidas y/o derrames. Los Transformadores serán manipulados de acuerdo con las recomendaciones del fabricante al igual que reactores e intercambiadores de calor.

Equipos de Manipulación.

Según el estudio realizado por el Centro de Ingeniería e Investigaciones Químicas (CIIQ) 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 grandes transformadores con PCB. En el Edificio especial se preparará un área de acceso del transporte para la descarga/envase de desechos a granel, que constará de un **sistema de Izaje** para la manipulación de cargas de hasta 3.5 toneladas.

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 PCB se van a almacenar en áreas del Edificio Especial con sistema de ventilación y extracción. 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 a utilizar ninguna estructura o estanterías de almacenamiento.

Capacidad de Almacenamiento.

Según el informe del proyecto los Transformadores con PCB van a ser almacenados en el Edificio especial, el cual tiene un área de fabricación de 5200m^2 ($104\text{m} \times 50\text{m}$), con una estructura de 5 niveles o pisos. En base a proyectos generales (iniciales) existentes de los niveles 0.0 y 4.8 se dispone de:

- Primer nivel 2670 m^2 de posible área a utilizar.
- Segundo nivel 876 m^2 de posible área a utilizar.
- Altura hasta la cubierta general: 26.10m, lo que representa 5,2 m.

Además en el proyecto se propone utilizar solamente los niveles y áreas (una vez realizado el levantamiento) necesarios para la manipulación y envasado adecuado de productos que se recibirán a granel (fundamentalmente soluciones arsenicales y rellenos de anillos de cerámica intalox y raschig contaminados con Arsénico, el Pentóxido de Vanadio, Lodos Galvánicos y Lámparas y desechos de Lámparas de Mercurio) lo que una vez envasados adecuadamente se confinarán en el Edificio del Reactor.

Pero el Tetraetilo de Plomo y los **PCB** una vez en los envases adecuados serán confinados en el Edificio Especial al igual que los transformadores vacíos contaminados con PCB (askareles). La solución final de los transformadores contaminados será estudiada posteriormente.

Esto representa un Volumen útil de almacenamiento de 13884 m^3 para el primer nivel y de $4555,2\text{ m}^3$ para el segundo nivel, para las sustancias que se mencionan anteriormente.

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 Transformadores con PCB.

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 del 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 los Transformadores con PCB, de los cuales existen **855** 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 Transformadores con PCB. La Matriz de Distancias es de 10 filas por 10 columnas, por tanto i y $j = 1 \dots$ hasta $n=10$. (Anexo 17)
2	I_i	Se refiere a la cantidad de Transformadores con PCB que define el Inventario del CITMA para la Empresa i . Según el Inventario del CITMA en Cuba en el 2009 existían 855 Transformadores con PCB .
3	C_k	Consiste en el vector que define las capacidades de los medios de transportes, en este caso $k = a$, 1 Camión que presenta 25 toneladas de capacidad.
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 Transformadores con PCB 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 Transformadores con PCB.



Figura 10: Ubicación geográfica de las Empresas con Transformadores con PCB. **Fuente:** Elaboración propia.

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

$$Z = \text{Min} \sum_{i=1}^{10} \sum_{j=1}^{10} D_{ij} \sum_{k=1}^1 X_{ijk} \quad \left| \begin{array}{l} \text{Se define como Minimizar las distancias a recorrer} \\ \text{desde las empresas 1 hasta la 10, utilizando el camión.} \end{array} \right.$$

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 es tipo de modelo se encuentran las siguientes:

R1.	De Recorrido. A cada empresa definida (<i>i</i>) irá solamente un camión (<i>k</i>). Menos al Confinatorio donde deben partir y culminar los recorridos el camión.
------------	---

	$\sum_{k=1}^1 Y_{ijk} = 1 \quad i \in V(0)$
R2.	Inicio y Fin del recorrido. Del Nodo Central puede partir el camión definido en el parque de medios de transporte.
	$\sum_{k=1}^1 Y_{11k} = 1$
R3.	De Continuidad. Cuando un camión llega a un Empresa también debe continuar viaje hacia la próxima Empresa o regresar al Confinatorio.

	$\sum_{i \in V} X_{ijk} = \sum_{j \in V} X_{jik} = Y_{ijk} \forall i \in V; k = 1 \dots \text{hasta } 1$
R4.	De Capacidad. Consiste en definir que la cantidad de Transformadores con PCB inventario en las empresas de cada ruta no debe exceder las capacidades del camión seleccionado (solo uno).
	$\sum_{i \in V} I_i Y_{ijk} \leq C_k \forall k = 1 \dots \text{hasta } 1$
R5.	Variables Binarias
	$X_{ijk} \in \{0; 1\} \forall i, j \in V \text{ y } k = 1 \dots \text{hasta } 1$ $Y_{ijk} \in \{0; 1\} \forall i, j \in V \text{ y } k = 1 \dots \text{hasta } 1$

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 Módulo de Integer o Lineal Programing, pero por la baja complejidad del problema se realizó un análisis heurístico con el enfoque del método de las margaritas.

De este análisis se obtuvieron 4 rutas a realizar para recolectar los transformadores con PCB, en las cuales se recorren aproximadamente un total de 3416 kilómetros para mover los 855 transformadores con PCB, como se muestra en la figura 11.

							Km	Transformadores	Ton	Viajes 25t
Ruta 1	C₁	C₂	C₃	C₄	C₅	C₁	500	385	867	35
Ruta 2	C₁	C₆	C₇	C₁			390	440	990	40
Ruta 3	C₁	C₈	C₉	C₁₀	C₁		1096	7	17	1
Ruta 4	C₁	C₁₁	C₁				1430	23	52	3
							3416	855	1926	79

Figura 11: Rutas propuestas para recolectar los Transformadores con PCB.

La primera ruta va dirigida desde el confinatorio hacia Ciudad Habana en la cual se encuentran 385 transformadores. La segunda ruta va dirigida hacia Santic Spíritusen donde se encuentran 440 transformadores, la tercera comprende el recorrido desde el confinatorio hacia Las Tunas y desde aquí a Holguín donde hay una existencia de 7 transformadores entre las 2 provincias. La cuarta ruta llegará hasta Guantánamo donde se recogerán 23 transformadores.

Con estas 4 rutas se logra recolectar todos los transformadores con PCB que se encuentran en inventarios, según el informe del CITMA del 2009.

Medios de Contención o Unitarización necesarios.

Los transformadores debido a su gran tamaño no se van a transportar sobre medios unitarizadores (se propone su traslado sobre la cama del camión) pero si se almacenarán sobre paletas de intercambios, ya que este medio solo soporta un peso dinámico de 1000 kg y un peso estático de 4000 kg (4t x paleta).

Características del transformador en forma cuadrada: largo 1.5 m, ancho 1.0 m , alto 1.5 m y un peso promedio de 2.25 t para un área de 1.5 m² y un volumen de 2.25 m³. Cada transformador contiene en su interior aproximadamente 80Lts de PCB.

Medios de Manipulación necesarios.

Para el volumen de carga estimado con los medios de manipulación disponibles en el proyecto del Confinatorio son suficiente 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 transformadores (peso promedio 2.25 t) se decide almacenarlos de la forma definida en el proyecto del Confinatorio “en Bloques”, donde las paletas 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.

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

$$Aa = 1.2\text{m}^2 \times 855 + 85.5 = 1111.5 \text{ m}^2$$

Según el Volumen de carga estimado para este residuo y el medio de almacenamiento seleccionado se estima un área de almacenamiento de 1111.5 m², para colocar las 855 paletas y dejando un separación u holgura de 0.1m entre cada paleta.

Además con la altura del transformador(1500mm) y de la paleta (141mm), la altura necesaria de almacenamiento es de 1641 mm, es decir, 1.641 m, lo que representa un volumen de almacenamiento estimado de 1823.97 m³.

Cuando se analizan las capacidades de almacenamiento disponibles definidas por el proyecto del confinatorio existe suficiente capacidad para almacenar estos residuos en el Edificio Especial.

Medios de Transporte necesarios.

Características del camión:

Largo:2.5m

Ancho: 30m

Altura: 1.20m

Área: 75 m²

Volumen: 90m³

Capacidad: 25 t

Para este tipo de residuo como se van a transportar los transformadores directamente se necesita un medio de transportación con capacidad de 25 t ya que los transformadores tiene un peso promedio de 2.25 t cada uno.

Para la transportación se tiene en cuenta los siguientes aspectos: Volumen y capacidad.

Volumen:

$$Cant_{\text{transf}} = \frac{Vc}{Vt} \quad Cant_{\text{transf}} = \frac{90 \text{ m}^3}{2.25 \text{ m}^3} = 40 \text{ u}$$

$$C_{\text{ap}} = Cant_{\text{transf}} \times \text{Peso}_{\text{transf}} \quad C_{\text{ap}} = 40 \text{ u} \times 2.25 \text{ t} = 90 \text{ t}$$

Por volumen se pueden transportar en cada vehículo 40 transformadores pero hay que tener cuenta la capacidad del medio de transporte (que solo son 25t) y con este la capacidad sería de 90t, por esto no se puede transportar esta cantidad de transformadores.

Capacidad:

$$Cant_{\text{transf.}} = \frac{C_{\text{ap camion}}}{\text{Peso}_{\text{transformador}}} = \frac{25 \text{ t}}{2.25 \text{ t}} = 11 \text{ u}$$

Por lo antes expuesto se puede decir que solo se transportarán 11 transformadores por vehículo.

Si se utiliza un solo camión de 25 t se deben realizar para la transportación completa un total de 78 viajes.

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 ser 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 Transformadores con PCB, 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 12**.

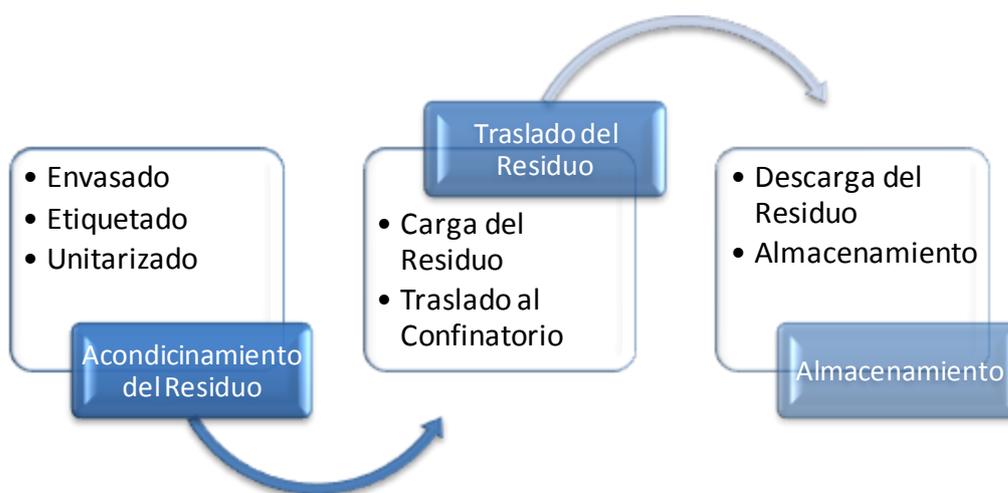


Figura 12: Operaciones generales del proceso de gestión logística para los Transformadores con PCB.

El **Acondicionamiento del Residuo** consiste en la preparación de la sustancia o del objeto que lo contiene para garantizar un traslado hasta el confinamiento con el menor riesgo posible. En el caso de los Transformadores con PCB, en esta operación se realizará el etiquetado del residuo 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 al 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 Transformadores con PCB se utilizan unas etiquetas para el envase que identifican el residuo según la clasificación definida en la ONU, como se muestra en la **figura 13**.

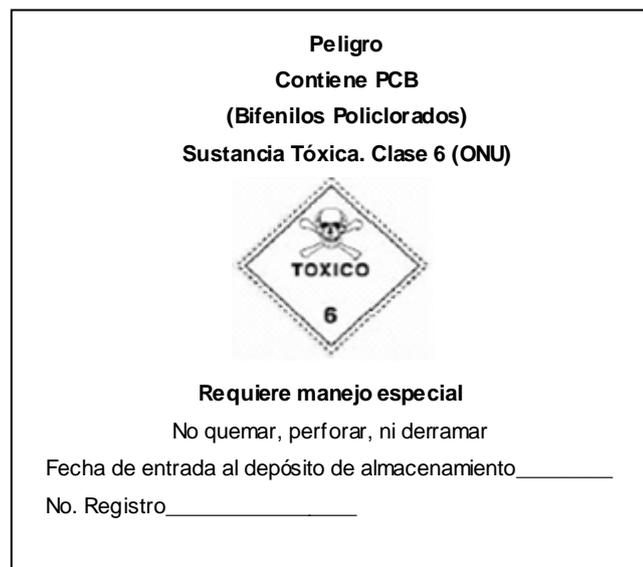


Figura 13: Etiqueta propuesta para la identificación de los Transformadores con PCB.

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 su propuesta de unitarización para el almacenamiento puede ser utilizando medios planos, es decir Palet, y los más usados en Cuba son los denominados paletas de intercambio con dimensiones de 1200mmx1000mm.

Con la unitarización 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 el medio de transporte seleccionado, para ello se recomiendan medios de manipulación para agilizar dicha actividad y disminuir el contacto del personal con los transformadores.

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 derramarse 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 transporte 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 Transformadores con PCB, como se mencionó anteriormente serán almacenados en el Edificio Especial, por un tiempo determinando para posteriormente realizar las operaciones de extracción del aceite del interior de los Transformadores.

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. Así mismo 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 PCB 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 mencionó 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. (**Anexo 19**)

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 Transformadores con PCB son uno de los residuos que se van a confinar en la primera etapa del proyecto, los cuales contienen aproximadamente 68577 litros, y se encuentran hoy almacenados en 10 empresas del país.
- Con la implementación del procedimiento propuesto se identifican las características esenciales de los Transformadores con PCB, 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 Transformadores con PCB localizados a nivel nacional.

CONCLUSIONES

De los resultados y análisis desarrollados en la investigación se proponen las conclusiones siguientes:

- La contaminación es uno de los problemas ambientales más importantes que afectan el desarrollo sostenible y la salud humana.
- Cuba a partir de sus presupuestos constitucionales, políticos, jurídicos, económicos y normativos le presta atención a la protección del medioambiente y al ser humano.
- Es la logística inversa quien se encarga del destino final de los residuos peligrosos y reciclaje de los productos al final de su vida útil dan lugar a un cambio en los procesos industriales.
- Los de inventarios nacionales de residuos peligrosos muestran que existe componentes con fluidos eléctricos con contenido de PCB, a lo largo de toda la isla.
- La solución adoptada para el confinamiento de estos residuos peligrosos en las instalaciones de la ex- CEN son de las acciones principales que se ejecutan para mejorar la salud ambiental de Cuba.
- El procedimiento diseñado analiza las disponibilidades logísticas proyectadas y necesarias para el Confinatorio, así como las operaciones de Acondicionamiento, Traslado y Almacenamiento de los residuos peligrosos existentes, considerando las medidas de seguridad y protección establecidas para los trabajadores y la sociedad.

RECOMENDACIONES

De los resultados obtenidos y las conclusiones presentadas se recomienda lo siguiente:

1. Lograr la actualización del Inventario Nacional de Residuos Peligrosos y en particular de los transformadores con contenido de PCB.
2. Crear un programa de capacitación del personal administrativo y trabajadores, en los centros generadores de desechos peligrosos y del confinamiento, sobre las consecuencias al medio ambiente y al ser humano del PCB.
3. Evaluaciones periódicas por el CITMA del cumplimiento del Plan Nacional para la Gestión de Contaminantes Orgánicos Persistentes, en lo referido al Plan Específico para Bifenilo Policlorados” en el Consejo de la Administración de Provincial toda vez que el confinamiento se encuentra en nuestro territorio.
4. Presentar por la Empresa Serviquímica, al Grupo Empresarial de la Industria Química y al CITMA el cronograma de trabajo y las acciones logísticas para el "Confinamiento de los desechos peligrosos con contenido de PCB en la CEN".
5. Completar la implementación del procedimiento en la Etapa de Tratamiento y Disposición Final del residuo analizado.

BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo Suárez, J. A., Urquiaga Rodríguez, A. J., & Gómez Acosta, M. I. (2001). *Gestión de la Cadena de Suministro*. La Habana: ISPJAE.
- Alvarez Rossell, S. (2005, Año , No. 9). Manejo de desechos peligrosos en cuba. Situación actual y perspectivas, (Revista electrónica de la Agencia de Medio Ambiente).
- Balli Morales, B. (2010). *La Logística Reversa o Inversa, Aporte al Control de Devoluciones y Residuos en la Gestión de la Cadena de Abastecimiento*. Universidad Santo Tomás, Facultad de Negocios Internacionales de la Universidad Santo Tomás. Recuperado a partir de basiballi@usantotomas.edu.co
- Brito Brito, A. (2011). *Procedimiento para la Mejora de la Gestión y Control de los Procesos en las Empresas Cubanas*. Retrieved from <http://www.monografias.com/trabajos33/curso-gestióncontrol>
- Carrefour. (s. f.). *La implantación de la Logística Inversa en una Multinacional de la Distribución*.
- Centro Administrativo Distrital. (2012). *Plan de Gestión Integral de Residuos Peligrosos*. Bogotá Colombia.
- Centro Nacional de Referencia sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes. (2004). *Breve perfil de las sustancias COP incluidas en el Convenio de Estocolmo y el Reglamento (CE) n° 850/2004*.
- Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. (1997). *Introducción a la toxicología ambiental*. Metepec:ECO.
- CICA. Procedimiento para el manejo de aceites usados (2004).
- CITMA. Reglamento para la realización del proceso de evaluación de impacto ambiental, Pub. L. No. Resolución 77 (1999).
- Conejero González, H., Corzo Bacallao, J. ., Lugo González, M., & Torres Gemeil, M. (2008). *Logística Inversa*. Ciudad Habana. Cuba.
- Conferencia de Subsistemas Logísticos. Reutilización. (2010).
- Corporación Peruana de Aeropuertos y Aviación Comercial, & CORPAC S.A. (2008). *Instructivo de Trabajo Ambiental para la Gestión de Residuos Peligrosos Generados en CORPAC S.A.* Lima, Perú.
- Díaz, A., Álvarez, M. J., & González, P. (2004). *Logística inversa y medioambiental*. Madrid: editorial Mcgraw Hil.

- Estrategia Ambiental Nacional*. (2011). Cuba.
- Feal Vázquez, J. (2009). LOGÍSTICA INVERSA.
- Foro Ecologista de Paraná. (s. f.). *Conociendolos Bifenilos Policlorados (PCB, PCBs ó BPCs)*. Coalición Ríos Vivos Red Socioambiental de Entre Ríos y Organizaciones Ecologistas de la República Oriental del Uruguay Red de Defensa del Río Uruguay y sus Pueblos.
- García, M., Molina, E., Terry, C., & Otros. (1995). Aspectos metodológicos de la evaluación de riesgos para la salud por exposición a desechos peligrosos, (Revista Cubana Higiene Epidemiol).
- García Olivares, A. A. (2004). *Recomendaciones táctico – operativas para implementar un programa de Logística Inversa*. México.
- Gómez Montoya, R. A., Zuluaga Mazo, A., & Correa Espinal, A. A. (2014). *Propuesta de Sistema de Logística Inversa para el Sector Hospitalario: Un enfoque teórico y práctico en Colombia*. Colombia.
- González Ruiz, T., & Calvo Sáez, J. A. (2007). *Trabajo en equipos eléctricos con PCBs. Transformadores y Condensadores*.
- Hernández, F., & Valle, R. (1992). *Manejo y disposición de residuales peligrosos en Cuba. En: Memorias del Congreso de la Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental*. (Vol. Tomo II). La Habana: AIDIS.
- Hevia Lanier, F. (2008). *Metodología de diseño de la cadena de suministro inversa. Una contribución a la logística reversa*. Instituto Superior Politecnico «Jose Antonio Echeverría», La Habana.
- Instituto Tecnológico de Minatitlán (ITM). (2011). *Procedimiento para el Manejo Integral de Residuos Peligrosos*. México.
- Koning, H., Cantanhede, A., & Benavides, I. (s. f.). *Desechos peligrosos y salud en América Latina y el Caribe*.
- Lemaire, B. (1971, Diciembre). *Problemes des Tournees avec Contraints Multiples*. These de Doctor-Ingenieur: Mathematiques, presente a L'Univerite Paris VI.
- Ley 81 de Medio Ambiente (1997).
- Maeso González, E. (s. f.). *Logística Inversa: Realidad o Desafío*. II Conferencia de Ingeniería de Organización.
- Martínez, J. (2005a). *Guía para la Gestión Integral de Residuos Peligrosos. Fichas Temáticas*. (Vol. Tomo II). Centro Coordinador del Convenio de Basilea para América Latina y el Caribe.

- Martínez, J. (2005b). *Guía para la Gestión Integral de Residuos Peligrosos. Fundamentos* (Vol. Tomo I). Centro Coordinador del Convenio de Basilea para América Latina y el Caribe..
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Lineamientos Técnicos para el Manejo de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos*. Colombia.
- Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio, & Ambiente (CITMA). Reglamentopara el manejo integral de desechos peligrosos, Pub. L. No. Resolución No. 136 (2009).
- Naciones Unidas. (1989). *Programa para el medio ambiente. Convenio de Basilea sobre los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación final. Acta Final*. Nairobi.
- Pérez Fernández, D. R. (2006). *Procedimiento para la Gestión de Seguridad y Salud*. Retrieved from Recuperado a partir de <http://www.monografias.com/trabajos28/procedimiento-gestion-seguridad-salud/procedimiento-gestion-seguridad-salud.shtml#ixzz2JPSJMID3>
- Procedimiento para la Transportación de Sustancias peligrosas.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). (2002). *Transformadores y condensadores con PCB: desde la gestión hasta la reclasificación y eliminación* (Primera edición.).
- Programa Nacional de Lucha Contra la Contaminación del Medio Ambiente*. (2008). Cuba.
- Proyecto CER-ACDI, Ministerio de Medio ambiente. (1999). *Manual de manejo de PCBs para Colombia*. Colombia.
- Proyecto de Colaboración CONAMA/GTZ Gobierno de Chile y Alemania. (2005). *Guía para la elaboración de planes de manejo de residuos peligrosos*. Chile.
- Registro Nacional Integrado de Poseedores de PCB - URP - DNGA - SAYDS. (2003a). *Condiciones de almacenamiento transitorio de PCB*. Argentina.
- Registro Nacional Integrado de Poseedores de PCB - URP - DNGA - SAYDS. (2003b). *Condiciones edilicias para el almacenamiento de PCB*. Argentina.
- REVLOG. (2002). *GAT is reverse logistics?. The European Working Group Reverse Logistics (REVLOG)*. Recuperado a partir de <http://www.fnk.eur.nl/OZ/REVLOG/Introduction.htm>.
- Rodríguez, J. J., & Irabien, A. (1999). *Los Residuos Peligrosos: caracterización, tratamiento y gestión*. España: Editorial Síntesis, S.A.

- Rogers & Tibben-Lembke. (2003). *Reverse Logistics Executives Council*.
- Romero, G., Fernández, T., Martínez, M., & Martínez, R. (1992). *Estudio preliminar de desechos sólidos tóxicos en una muestra seleccionada de industrias*. En: *Memorias del Congreso de la Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental*. La Habana: AIDIS.
- Rubio Lacoba, S., & T. Bañegil. (s. f.). *El diseño de la función inversa de la Logística: Aspectos Estratégicos, Tácticos y Operativos*. XI Congreso ACEDE.
- Solano Torres, A. (2013, 2014). *Proyecto Confinatorio*. Universidad de Cienfuegos.
- Tibben-Lembke, & Rogers. (2002). *Differences between forward and reverse logistics in a retail environment, supply chain management* (Vol. volumen 7). Recuperado a partir de www.logistpilot.com
- Torres Gemeil, M. (2004). • *Folletos de Logística Temas Seleccionados* (Vol. Tomo II y III).
- Universidad Complutense. (2007). *Manual de Gestión de Residuos Peligrosos*. Madrid.
- Universidad de Burgos. (s. f.). *Procedimiento para la gestión de residuos*. México.
- Universidadde Caldas. (2013). *Plan de Gestión Integralde Residuos Peligrosos*. Colombia.
- Universidad de Concepcion. (2009). *Plan de manejo de residuos peligrosos*. Colombia.
- Universidad Nacional de Colombia. (2008). *Procedimiento: Gestión Integral de Residuos Peligrosos en los Laboratorios*. Colombia.
- Zorrilla Velazco, M., Rosa Domínguez, E., Velazco Pedroso, P., & Martín Santín, J. (2006). *Principios Generales para la Elaboración de un Sistema de Gestión para Bifenilos Policlorados (PCB) presentes en Aceites de Transformadores*. Universidad Central «Marta Abreu» de Las Villas, Centro de Estudio de Química Aplicada (CEQA).

ANEXOS

ANEXO 1

CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERMANENTES.

Plaguicidas	Productos químicos	Subproductos no intencionales.
Aldrin	Bifenilos policlorados (PCB)	Dibenzo-p-dioxinas policloradas
Clordano	Hexaclorobenceno	Dibenzifuranospoliclorados
DDT		Bifenilos policlorados (PCB)
Dieldrín		Hexaclorobenceno
Endrín		
Heptacloro		
Hexaclorobenceno		
Mirex		
Toxafeno		

ANEXO 2

LISTA DE CARACTERÍSTICAS PELIGROSAS

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 prevaletientes 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 auto acelerada 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 sus 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 mercaderías 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 carcinogénesis.
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

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

Anexo I: Corrientes de desechos	Anexo I: Desechos que tengan como constituyentes
Y1 Desechos clínicos resultantes de la atención médica prestada en hospitales, centros médicos y clínicas.	Y19 Metales carbonilos
Y2 Desechos resultantes de la producción y preparación de productos farmacéuticos.	Y20 Berilio, compuestos de berilio
Y3 Desechos de medicamentos y productos farmacéuticos.	Y21 Compuestos de cromo hexavalente
Y4 Desechos resultantes de la producción, la preparación y la utilización de biocidas y productos fitofarmacéuticos.	Y22 Compuestos de cobre
Y5 Desechos resultantes de la fabricación, preparación y utilización de productos químicos para la preservación de la madera.	Y23 Compuestos de zinc
Y6 Desechos resultantes de la producción, la preparación y la utilización de disolventes orgánicos.	Y24 Arsénico, compuestos de arsénico
Y7 Desechos, que contengan cianuros, resultantes del tratamiento térmico y las operaciones de temple.	Y25 Selenio, compuestos de selenio
Y8 Desechos de aceites minerales no aptos para el uso a que estaban destinados.	Y26 Cadmio, compuestos de cadmio
Y9 Mezclas y emulsiones de desechos de aceite y agua o de hidrocarburos y agua.	Y27 Antimonio, compuestos de antimonio
Y10 Sustancias y artículos de desecho que contengan, o estén contaminados por, bifenilos policlorados (PCB), terfenilos policlorados (PCT) o bifenilos polibromados (PBB).	Y28 Telurio, compuestos de telurio
Y11 Residuos alquitranados resultantes de la refinación, destilación o cualquier otro tratamiento pirolítico.	Y29 Mercurio, compuestos de mercurio
Y12 Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas o barnices.	Y30 Talio, compuestos de talio
Y13 Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de resinas, látex, plastificantes o colas y adhesivos.	Y31 Plomo, compuestos de plomo
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.	Y32 Compuestos inorgánicos de flúor, con exclusión del fluoruro cálcico
Y15 Desechos de carácter explosivo que no estén sometidos a una legislación diferente.	Y33 Cianuros inorgánicos

Y16 Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de productos químicos y materiales para fines fotográficos.	Y34 Soluciones ácidas o ácidos en forma sólida
Y17 Desechos resultantes del tratamiento de superficie de metales y plásticos.	Y35 Soluciones básicas o bases en forma sólida
Y18 Residuos resultantes de las operaciones de eliminación de desechos industriales.	Y36 Asbesto (polvo y fibras)
	Y37 Compuestos orgánicos de fósforo
	Y38 Cianuros orgánicos
	Y39 Fenoles, compuestos fenólicos, con inclusión de clorofenoles
	Y40 Eteres
	Y41 Solventes orgánicos halogenados
	Y42 Disolventes orgánicos, con exclusión de disolventes halogenados
	Y43 Cualquier sustancia del grupo de los dibenzo furanos policlorados
	Y44 Cualquier sustancia del grupo de las dibenzo para dioxinas policloradas
	Y45 Compuestos organohalogenados, que no sean las sustancias mencionadas en el presente anexo (por ejemplo, Y39, Y41, Y42, Y43, Y44).

ANEXO 4

Incompatibilidades químicas de desechos

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																
7	Hidrocarburos alifáticos	C, F																	
8	Fenoles y cresoles	C, F																	
9	Agentes oxidantes fuertes		C	C, F		C, F	C	C											
10	Agentes reductores fuertes	C, F, GT			C, GT														
11	Agua y mezclas que la contiene	C			C, E		S												
12	Sustancias reactivas en agua	Extremadamente reactivas, no mezclar con ningún producto químico o material de desecho																	

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

	 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					

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



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

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

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

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) Electrolitos 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
<ul style="list-style-type: none"> a) Alcoholes b) Soluciones acuosas en general 	<ul style="list-style-type: none"> a) Desechos concentrados de los GRUPOS A-1 o B-1 b) Calcio c) Litio d) Hidruros metálicos e) Potasio f) SO_2Cl_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.	

ANEXO 5

Algunos símbolos universales de identificación de peligro

	<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>

ANEXO 6

JERARQUÍA DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS



Estrategias de gestión. Fuente: Convenio de Basilea 1989

ANEXO 7: Etapas del Procedimiento Propuesto. Fuente: Elaboración propia

ETAPA	PASO	Actividades o Tareas a realizar	Herramientas a utilizar
I: Caracterización de los Residuos Peligrosos	1-Characterización Teórica	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre Completo y Otros usados. • Fórmula Química. • Clasificaciones en Resoluciones y Normas. • Toxicidad e Incompatibilidades. • Posibilidad de Envasado y embalado. • Precauciones en los movimientos. • Riesgos asociados a la manipulación. • Medios de Protección propuestos. • Propuesta Tratamiento o Disposición Final. 	<ul style="list-style-type: none"> • Documentos del Proyecto • Busquedas en Internet. • Revisión de Literaturas. • Ficha del Residuo
	2-Characterización Actual	<ul style="list-style-type: none"> • Puntos de almacenamiento o generación. • Inventario actual identificado. • Modos o flujos de generación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Matrices de Distancia y de localizacion. • Inventario de Residuos del CITMA. • Diagramas de Flujos de procesos
II: Estudio de las disponibilidades Logísticas	3-Disponibilidades Logísticas existentes	<ul style="list-style-type: none"> • Medios de Contención. • Medios de Manipulación. • Medios de Almacenamiento. • Capacidad de Almacenamiento. • Medios de Transporte. 	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión Documentos del Proyectos. • Cálculo de las Capacidades de Almacenamiento.
	4-Disponibilidades Logísticas necesarias	<ul style="list-style-type: none"> • Rutas de recorridos para el confinamiento. • Medios de Contención. • Medios de Manipulación. • Medios de Almacenamiento. • Capacidades de Almacenamiento. • Medios de Transporte. 	<ul style="list-style-type: none"> • 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.
III: Diseño del Proceso Logístico	5- Documentación del Proceso	<ul style="list-style-type: none"> • Descripción de las actividades. • Identificación de los riesgos asociados. • Identificación Competencias del personal. 	<ul style="list-style-type: none"> • Diagramas de flujo de procesos. • Ficha de procesos. • Matrices de Riesgos. • Procedimiento para identificar Competencias Laborales.
	6-Sistema de Control	<ul style="list-style-type: none"> • Documentación de los indicadores. • Procedimiento de control de los indicadores. • Plan de Contingencia para emergencias. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ficha de Indicadores. • Estadísticas para Series Cronológicas. • Procedimiento para la elaboración de Planes de Contingencia.

**IV:
Proceso de
Tratamiento y
Disposición Final**

**7- Diseño
Tecnológico**

**8- Sistema de
Seguridad**

ANEXO 8: FICHA INFORMATIVA SOBRE EL RESIDUO PCB

NOMBRE COMPLETO: Bifenilo Polidorado (PCB)

OTROS NOMBRES: Polidoruro de bifenilo o polidorobifenilos y se conoce por otros nombres comerciales como son Askarel, Aroclor, Pyrano, Chlorinol, Inclor, Magvar, Sovtol, Duconol, etc

FÓRMULA QUÍMICA: C₁₂H₁₀-NcLN.

SURGIMIENTO: En 1881 se describió por primera vez la síntesis de los PCB, y su producción comercial comenzó a fines de los años 1920. Este líquido tenía la ventaja de ser menos denso que el agua, buen conductor del calor aislante y biodegradable, pero tenía riesgos de combustibilidad y explosión. Después de una serie de experimentos se descubrió, que si se introducía cloro a las partículas de benceno, desaparecía la combustibilidad del aceite y entonces podía ser usado como fluido dieléctrico resistente al fuego.

Los primeros PCB que se comercializaron fue para ser usados en transformadores y capacitores y fueron producidos en 1929 por la empresa Swann Chemical Company. Los PCB's son hoy una basura persistente y altamente peligroso y carcinógeno por el gran potencial tóxico y contaminante que poseen.

A mediados de 1970 cesaron algunas aplicaciones de PCB en algunos productos, pero siguieron utilizándose en transformadores, condensadores, termopermutadores y equipo hidráulico. Se estima que desde 1930 hasta la fecha se han producido un millón de toneladas de PCB en todo el mundo. Lamentablemente, una cantidad considerable ha penetrado en el medio ambiente, y los efectos a largo plazo de estos compuestos son motivo de preocupación.

Entre sus principales características se encuentra su resistencia al fuego, su baja conductividad eléctrica, su elevada estabilidad química y su resistencia a la acción de agentes oxidantes u otras sustancias químicas.

Sus principales propiedades físicas - químicas están dadas en que.-

- Virtualmente insolubles al agua.
- Levemente soluble en aceites y altamente soluble en solvente orgánicos.
- No son afectados por la luz.
- Presentan alta capacidad de absorción del calor y resistencia al fuego, descomponiéndose solo a temperaturas mayores de 1000 grados centígrados.
- Tienen un alto nivel de inercia química y son resistentes a agente químicos como ácidos, bases y oxidantes.
- Disuelven o suavizan algunas gomas o plásticos.
- Son excelentes dieléctricos.

- Provocan efectos adversos a la salud humana y al medio ambiente debido a su persistencia en el medio, por su capacidad de bioacumularse en las cadenas alimenticias y su transportación a través del agua, el aire y las especies migratorias.

USOS:

Debido a su gran estabilidad térmica biológica y química, así como por su elevada constante dieléctrica, los PCB se usaron masivamente hasta mediados de la década de 1970 como aislantes para equipos eléctricos como transformadores, interruptores, condensadores y termostatos.

Por sus características antiinflamables, la mayoría de los aceites dieléctricos con PCB's se usaron fundamentalmente en áreas con alto riesgo de incendio, tales como plantas industriales, en transporte colectivo de tracción eléctrica (tranvías) y en la industria petroquímica, específicamente en:

- Transformadores eléctricos.
- Condensadores de alta y baja tensión.
- Electromagnetos, interruptores automáticos de media y alta tensión, reguladores de tensión.
- Motores eléctricos refrigerados con líquido.
- Cables eléctricos con óleo fluidos aislantes.
- Balastras de lámparas fluorescentes.
- Sistemas hidráulicos y lubricantes en equipos de minas y barcos.
- Plaguicidas, agroquímicos.

Los principales usos que se dieron fueron para el sector industrial y comercial, en equipos agregados o materiales, teniendo en cuenta su uso se han clasificado en aplicaciones abiertas y cerradas de PCB.

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: Y10 Sustancias y artículos de desecho que contengan, o estén contaminados por, bifenilos policlorados (PCB), terfenilos polidorados (PCT) o bifenilos polibromados (PBB)

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.

CATÁLOGO EUROPEO DE RESIDUOS

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

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.

Cuba

En Cuba se utiliza la resolución 136/2009 del CITMA que utilizan la misma Clasificación del Anexo I del Convenio de Basilea para determinar las categorías y características de los residuos.

Categoría: Y10 Sustancias y artículos de desecho que contengan, o estén contaminados por, bifenilos policlorados (PCB), terfenilos policlorados (PCT) o bifenilos polibromados (PBB)

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.

COMPORTAMIENTO MEDIAMBIENTAL:

Los bifenilos policlorados PCB's, están constituidos por todo un grupo de productos químicos que entran bajo la denominación de hidrocarburos clorados. Los PCB que aparecen comercialmente son una mezcla de 50 o más congéneres de PCB.

El carácter más volátil de los PCB s permite su paso desde el suelo a la atmósfera, donde pueden volver otra vez al suelo o a la hidrosfera, o pasar a formar parte de la cadena alimenticia por inhalación. Su estabilidad permite que se difundan grandes distancias antes de ser asimilados o degradados.

- Hidrosfera.- Llegan a la hidrosfera por solubilización de restos en sedimentos, excreción de organismos marinos y por deposición húmeda o seca desde la atmósfera.
- Atmósfera.- Llegan a la atmósfera por evaporación desde el suelo en zonas contaminadas, donde pueden adherirse a la superficie de aerosoles y dispersarse o volver al suelo o a la hidrosfera. El grado de evaporación depende del tipo de suelo y de su humedad, normalmente a suelo más seco se evaporan más rápidamente.
- Suelo.- se acumulan en el humus debido a su carácter lipófilo, desde donde pueden movilizarse con dificultad hacia la atmósfera o el agua. Su persistencia aumenta con el grado de cloración.

Estos compuestos son muy estables, por lo que no son modificados químicamente por la acción de ácidos, ni bases fuertes.

A finales de la década de 1960, encontraron concentraciones apreciables de PCB's en órganos, sangre, tejido adiposo y pelo de diferentes especies de animales salvajes, lo cual indicaba una gran difusión de estos compuestos en el medio ambiente. A raíz de estos hechos, se profundizó en la investigación de los efectos tóxicos de estos compuestos.

TOXICIDAD E INCOMPATIBILIDADES:

La toxicología de los bifenilos policlorados depende del número y la posición de los átomos de cloro. Si éstos están en posición orto los anillos no pueden rotar, y los isómeros en este grupo se llaman co-planares y los demás no-coplanares. Los bifenilos policlorados coplanares interactúan con los mismos receptores celulares que las dioxinas y los furanos, y tienen efectos similares. Tienen una toxicidad aguda baja, es decir, los efectos agudos se observan a dosis muy altas, mientras que dosis bajas, no muestran efectos agudos, pero son promotores de tumores y tienen efectos crónicos en el desarrollo del sistema endocrino e inmunitario. (Centro Nacional de Referencia sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes COP)

Los bifenilos policlorados no son compatibles con Agentes Oxidantes (tales como Percloratos, Peróxidos, Permanganatos, Cloratos, Nitratos, Cloro, Bromo y Flúor) y Ácidos Fuertes (tales como el Clorhídrico, Sulfúrico y Nítrico).

POSIBILIDAD DE ENVASADO Y EMBALADO:

Los Bifenilos Policlorados (PCB) pertenecen al grupo de embalaje II. Se puede transportar este desecho como cantidad limitada, la cual deberá cumplir que en el envase interior la cantidad de PCB no se exceda una cantidad de Kg. Si los equipos que contienen los PCB están diseñados o contruidos de manera que los recipientes destinados a contener este desecho peligroso puedan disponer de la protección adecuada, no se necesitará un envase exterior. Si el equipo es de tal forma que, en condiciones normales de transporte sea poco probable que los recipientes que contengan este desecho peligroso sufran daño. Estos recipientes se han de instalar, afianzar o amortiguar de manera que no puedan producirse roturas ni fugas y se controle el movimiento de tales desechos peligrosos dentro del aparato. El material amortiguador no deberá reaccionar peligrosamente con el contenido de los recipientes. Las propiedades protectoras del material amortiguador no se verán perjudicadas por cualquier fuga del contenido que pudiera producirse. En el caso que el desecho se requiera transportar a granel, se recomienda que los recipientes intermedios sean de metal, plástico rígido o compuestos.

RIESGOS ASOCIADOS A LA MANIPULACIÓN:

Efectos agudos sobre la salud

Los siguientes efectos agudos (a corto plazo) sobre la salud pueden ocurrir inmediatamente o poco después de la exposición o manipulación a los bifenilos policlorados:

- El contacto puede irritar la piel y los ojos.
- La inhalación de vapores puede irritar la nariz, la garganta y el pulmón causando tos, respiración con silbido o falta de aire.
- La exposición a los bifenilos policlorados puede causar dolor de cabeza, náusea, vómitos, pérdida de peso y dolor abdominal.

Efectos crónicos sobre la salud:

Los siguientes efectos crónicos (a largo plazo) sobre la salud pueden ocurrir algún tiempo después de la exposición a los bifenilos policlorados y pueden durar meses o años:

- **Riesgo de cáncer**
 - Los PCB son Probables Carcinógenos humanos. Existen indicios de que causan cáncer de piel, cerebro y páncreas en humanos y se ha demostrado que causan cáncer de hígado y glándula pituitaria, al igual que leucemia.
- **Riesgo para la salud reproductiva**
 - Los PCBs pueden ser Teratógenos humanos ya que son teratógenos en animales.
 - Existen indicios limitados de que los PCBs podrían afectar a la fertilidad masculina y femenina.
- **Otros efectos**
 - Los PCBs pueden causar la pigmentación pardusca de la piel, los ojos y las uñas de las manos.
 - El contacto con la piel podría causar una erupción parecida al acné (cloracné).
 - La alta exposición puede causar daño al sistema nervioso, causando dolor de cabeza, debilidad, entumecimiento y homígueo en los brazos y las piernas.
 - Los PCBs podrían causar daño al hígado.

PRECAUCIONES EN LOS MOVIMIENTOS:

Límites de exposición laboral:

Según las normas:

- **OSHA:** El límite de exposición permisible (PEL) es de $1\text{mg}/\text{m}^3$ (cloro al 42%) y de $0.5\text{mg}/\text{m}^3$ (cloro al 54%) como promedio durante un turno laboral de 8 horas.
- **NIOSH:** El límite de exposición recomendado (REL) es de $0.001\text{mg}/\text{m}^3$ como promedio durante un turno laboral de 10 horas.
- **ACGIH:** El valor límite umbral (TLV) es de $1\text{mg}/\text{m}^3$ (cloro al 42%) y de $0.5\text{mg}/\text{m}^3$ (cloro al 54%) como promedio durante un turno laboral de 8 horas.

Los límites de exposición antes mencionados son solo para los niveles en el aire. Si también hay contacto con la piel, puede estar sobreexposición, incluso si los niveles en el aire son inferiores a los límites mencionados.

Seguir las siguientes recomendaciones para garantizar la protección de la salud del personal involucrado en el manejo de aplicaciones con PCB:

- No ingerir o tener contacto con la piel, o con los ojos, ya que produce irritación.
- Nunca oler aceites contaminados con PCB pues estos vapores son tóxicos y provoca mareos.
- Todo recipiente que contenga PCB deberá estar herméticamente cerrado.
- No se deberá fumar en los lugares donde se trabaje con PCB, se debe evitar cuando la temperatura sobrepase los $60\text{ }^\circ\text{C}$, ya que a esta temperatura se generan vapores altamente tóxicos.
- No usar la ropa contaminada y si la ropa se contamina por cualquier accidente, desecharla y tratarla con residuo tóxico.
- Siempre que termine el trabajo con aplicaciones que contengan PCB lavar las manos cuidadosamente con agua y jabón. En caso necesario, bañarse.
- Usar siempre los medios de protección adecuados.
- Nunca realizar alguna operación de aplicaciones con PCB solo, principalmente después del horario normal de trabajo.

Las personas que presenten las siguientes afecciones no pueden trabajar con PCB.

- Inflamación de garganta y bronquios.
- Enfermedades crónicas en órganos internos.
- Excemas.
- Dermatitis alérgica.
- Reacciones alérgicas específicas.

Deben realizarse exámenes las personas que trabajan con PCB siempre que presenten los siguientes síntomas:

- Dolor de cabeza.
- Dermatitis.
- Vértigos o mareos.
- Desvanecimiento o desmayo.
- Dolores abdominales.
- Irritación en los ojos.

Es práctica común contar con un programa de vigilancia médica para aquellos trabajadores quienes de manera rutinaria y prolongada, están potencialmente expuestos a altas concentraciones de PCB. Se deben realizar exámenes preocupacionales y periódicos a estos trabajadores Se deberá:

- Conocer las características del producto para prever su comportamiento.
- Establecer un método de trabajo que prevea todos los riesgos, capacitar y entrenar al personal afectado a los mismos.
- Disponer en el lugar de trabajo de un botiquín de primeros auxilios y entrenar al personal sobre los procedimientos.
- Adecuar las instalaciones y el lugar de trabajo a las tareas a desarrollar.
- Señalizar el lugar de trabajo y restringir el acceso al mismo.

- Emplear los elementos de seguridad, utensilios y materiales establecidos en el método de trabajo.
- Todo líquido que se retire del capacitor deberá guardarse en recipientes debidamente identificados y diseñados para productos altamente contaminantes, además deberá darse el tiempo suficiente para que el PCB escurra de sus componentes internos. **NUNCA SE DEBE MEZCLAR CON OTRO TIPO DE ACEITE.**
- Colocar todos los materiales en un recipiente adecuado para disponer de ellos con posterioridad.
- Todo material utilizado incluyendo trapos, guantes, aserrín independientes de su cantidad deberán ser arrojados en recipientes adecuados, para luego gestionar su correspondiente eliminación (tambores con tapa móvil galvanizados interiormente).
- Todos los equipos eléctricos y maquinarias que contengan PCB deberán ser etiquetados, avisando en ellos el peligro que encierran.
- Nunca enviar un capacitor a un recinto para chatarra si este lleva en su interior PCB, vacíe su contenido y almacénelo temporalmente en un recipiente adecuado hasta que pueda ser destruido utilizando algún método de tratamiento.
- Introducir los desechos en contenedores herméticos previstos para tal fin en forma inmediata.
- El agua producto de la limpieza de materiales contaminados con PCB no debe llegar al medio ambiente debido a que la familia de los PCB no son biodegradables.
- No mezclar el PCB con aceites minerales: Pues con sólo un 2% de aceite que se le agregue, este perderá una de sus características principales que es el no ser inflamable.

MEDIOS DE PROTECCIÓN PROPUESTOS

- Ropa convencional y un juego de repuesto.
 - Ropa desechable.
 - Casco de seguridad.
 - Botas de P.V.C. o acrilonitrilo de media caña con puntera de acero.
 - Delantal de P.V.C. o acrilonitrilo.
 - Guantes de P.V.C. o acrilonitrilo.
 - Equipo respiratorio autónomo o de línea.
 - Máscara respiratoria antigás bifiltro para vapores orgánicos.
- Protector ocular tipo vista panorámica con ventilación indirecta.
- Calzado de seguridad.

PROPUESTA TRATAMIENTO O DISPOSICIÓN FINAL:

Tratamiento/Destrucción de aceites con PCB.
Fuente: Convenio de Basilea 2005.

Para el tratamiento/destrucción de aceites contaminados con PCB se pueden utilizar las siguientes tecnologías:

Declorinación: consiste en la extracción de los átomos de cloro de las moléculas de PCB, permitiendo la **reutilización del aceite**. La declorinación suele realizarse por reacción química con un agente reductor, utilizándose en la región el método de reducción con sodio. La ventaja que presenta este método, frente a la quema es que el aceite se puede volver a utilizar como dieléctrico. Este sistema se vuelve poco factible desde el punto de vista económico para concentraciones superiores a las 5.000 ppm de PCB.

Incineración: destrucción del aceite en incineradores de residuos peligrosos o co-incineración en hornos de producción de clinker empleando el aceite como combustible alternativo, procedimiento que deberá contar con la autorización de la autoridad competente.

Si bien estas tecnologías son las más difundidas y de aplicabilidad en la región, otras tecnologías para tratamiento de PCB han prosperado y se vienen utilizando en países desarrollados, son ejemplos de estos sistemas:

- **Arco de Plasma:** mediante ionización de gas argón a través de una descarga eléctrica entre el cátodo y ánodo se forma un arco de plasma de temperatura superior a 10.000 °C. El residuo, líquido o gas, es inyectado directamente en el plasma formado, alcanzando rápidamente una temperatura de 3.100 °C.

- **Reducción Química en Fase Gaseosa (GPCR):** consiste en una reducción química de compuestos orgánicos con hidrógeno en corriente gaseosa a 850 °C, formando gas metano y ácido clorhídrico. El ácido clorhídrico es neutralizado y el gas metano se consume como combustible.

- **Descomposición por Catálisis Básica (BCD):** los residuos sólidos y líquidos se tratan a 300 °C con una mezcla de reacción que consiste en un hidrocarburo de alto punto de ebullición, hidróxido sodio y un catalizador, produciendo hidrógeno de alta reactividad, que reacciona rompiendo los enlaces y produciendo carbono y sales de sodio.

EXPORTACIÓN

Si el país no dispone de los sistemas de eliminación o tratamiento para PCB indicados, se debe proceder a la exportación del equipo y/o el aceite para su destrucción o tratamiento en su totalidad fuera del país, o realizar parte del tratamiento en el país y parte en el exterior, por ejemplo las carcasas se pueden descontaminar por enjuague con solventes en el país y destruir el aceite y las colas de destilado en el exterior.

ANEXO 9: Hoja informativa ejemplo de los residuos.



Derecho a Saber
Hoja Informativa sobre Sustancias Peligrosas



Hoja Informativa sobre Sustancias Peligrosas
Derecho a Saber

Personal de emergencias
Referencia Rápida

Nombre común: BIFENILOS POLICLORADOS (POLYCHLORINATED BIPHENYLS)

Sinónimos: Aroclor; 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

Sinónimos: Aroclor; clorodifenilos; PCB
Número CAS: 1336-36-3
Fórmula molecular: C₁₂H_{10-n}Cl_n
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 - Inoendio 0 - Reactividad Num. DOT: UN 2315 Num. de Guía: 171 Categoría de riesgo: 9 (materiales peligrosos misceláneos)	Los bifenilos poliolorados 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 bifenozofuranos poliolorados y las dibenzo-p-dioxinas cloradas. Use agua rociada para mantener fríos los recipientes expuestos al incendio.	Los bifenilos poliolorados no son compatibles con AGENTES OXIDANTES (tales como PERCLORATOS, PERÓXIDOS, FERMANGANATOS, CLORATOS, NITRATOS, CLORO, BROMO y FLÚOR) y ÁCIDOS FUERTES (tales como el CLORHÍDRICO, SULFÚRICO y NÍTRICO).

PERSONAL DE EMERGENCIAS >>>> PÁGINA 6
Resumen de riesgos

Evaluación	Departamento	NFPA
3 - SALUD	3	2
INFLAMABILIDAD	-	1
REACTIVIDAD	-	0

Claves para la evaluación de riesgos: 0= mínimo; 1= poco; 2= moderado; 3= grave; 4= extremo

- Los bifenilos poliolorados pueden afectar al inhalatorio y al pasar a través de la piel.
- Los bifenilos poliolorados deben manipularse como CARCINOGENOS y pueden ser TERATOGENOS. MANIFIÉNDSE CON EXTREMA PRECAUCIÓN.
- El contacto puede irritar la piel y los ojos.
- Los bifenilos poliolorados 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 (cloracné).
- La inhalación de vapores puede irritar la nariz, la garganta y el pulmón.
- La exposición a los bifenilos poliolorados 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 poliolorados 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 poliolorados 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 sólo para los niveles en el aire. Si también hay contacto con la piel, puede estar sobreexposto, incluso si los niveles en el aire son inferiores a los límites mencionados.

FUGAS Y DERRAMES

Dictámenes 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 poliolorados se bioacumulan y son peligrosos para el medio ambiente.

LÍMITES DE EXPOSICIÓN

OSHA: 1 mg/m³, TWA 8 h (cloro al 42%) y 0.5 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 0.5 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
Crónicos: Cáncer (de piel, cerebro y páncreas) en humanos

PROPIEDADES FÍSICAS

Punto de inflamación: 286° a 385°F (141° a 196°C)
Temperatura de autoignición: 464°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 (15° a 10°C)
Peso molecular: 258 a 326

EQUIPO DE PROTECCIÓN

Guantes: Butilo, neopreno, cloruro polivinílico, Silver Shield®/4H® y Viton (penetración >4 h)
Overol (mono): Tychem® (CPF 2, 3L, 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.

DESCRIPCIÓN Y USO

Los bifenilos poliolorados 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 poliolorados 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, DEP, IARC, IRIS, NFPA y EPA.
- Esta sustancia química figura en la Lista de sustancias extremadamente peligrosas para la salud (Special Health Hazard Substance List).

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: 1-800-222-1222
 CHEMTREC: 1-800-424-8300
 Teléfono de emergencia del NJDEP: 1-877-927-8337
 Centro Nacional de Respuesta: 1-800-424-8802

VER EL GLOSARIO EN PÁGINA 4.

ANEXO 10: 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 proceso	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(ver Anexo No.22), Cuestionario Diagnóstico del IEIT (ver Anexo No23), 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 11: Total de productos a Confinar.

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 12: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%	

ANEXO13: 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 14

APLICACIONES ABIERTAS DE PCB MÁS FRECUENTES.

Referencia.- productos químicos/ PNUMA 1999.

Lubricantes.	Plastificantes
<ul style="list-style-type: none">• Aceites de inmersión para microscopios.• Revestimiento de frenos.• Aceites de corte.• Aceites lubricantes.	<ul style="list-style-type: none">• Selladores de obturador.• Material de relleno en juntas de hormigón.• Plásticos de cloruro de vinilo.• Cierres de caucho.
Ceras para colada.	Adhesivos
<ul style="list-style-type: none">• Ceras de moldeo para fusión a cera perdida.	<ul style="list-style-type: none">• Adhesivos especiales.• Adhesivos para revestimientos de pared repelentes al agua.
Tintas	Otros usos.
<ul style="list-style-type: none">• Tintes• Tinta de imprenta.	<ul style="list-style-type: none">• Materiales aislantes.• Plaguicidas.
Revestimientos de superficie	
<ul style="list-style-type: none">• Pintura para el fondo de los navíos.• Papel de calco sin carbón.• Tratamiento de superficies para textiles.• Retardantes de llamas.• Control de polvo.	

ANEXO15

APLICACIONES CERRADAS DE PCB MÁS FRECUENTES.

Referencia.- productos químicos/PNUMA. 1999.

Aplicación	Ubicaciones típicas
Líquidos de termotransferencia	Productos químicos inorgánicos, orgánicos, plásticos y sintéticos y los relacionados con la industria de refinación del petróleo.
Líquidos hidráulicos.	Equipos mineros, industria productora de aluminio, cobre, hierro y acero.
Bombas de vacío	Fabricación de piezas electrónicas, aplicaciones de laboratorio, instrumentos e investigación y lugares de evacuación de aguas de desechos.
Interruptores.	Servicios de electricidad.
Reguladores de voltaje.	Servicios de electricidad.
Cables eléctricos rellenos con líquido.	Servicios eléctricos e instalaciones de generación de electricidad.
Disyuntores rellenos con líquido.	Servicios eléctricos.
Bushing (aisladores)	Unidades de distribución de muy alto voltaje.

ANEXO 16: 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.

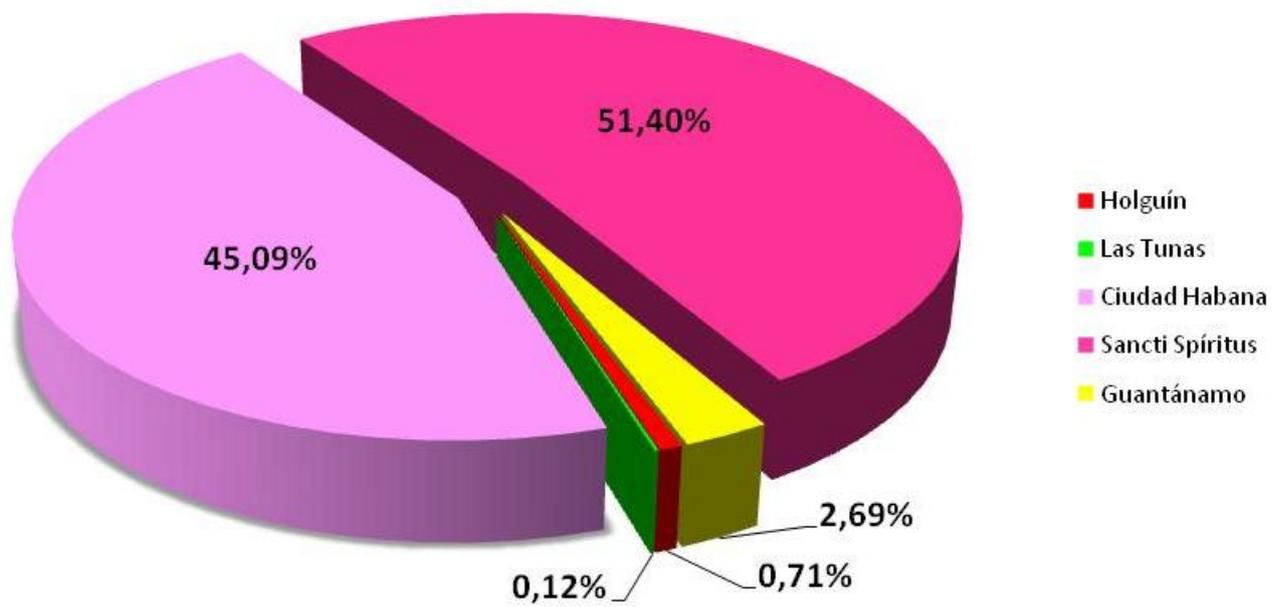
ANEXO 17 : Matriz Distancia de los puntos donde se encuentran los residuos con Transformadores con PCB en Cuba.

	Confinatorio	Holguín Mecánica	Las Tunas Empresa Eléctrica	Ciudad Hab. EMCE	Santic Spíritus Taller Prov. Transf.	Holguín Emp. Eléctrica	Ciudad Hab. COLFA	Ciudad Hab. Almacenes Nueva Paz	Sancti Spíritus. Emp.Eléctrica	Ciudad Hab.EE HB/ UEB Bauta	Guantánamo. Emp. Eléctrica
Holguín Mecánica	542	0	78	726	353	6	729	728	382	722	182
Las Tunas Empresa Eléctrica	465	78	0	649	305	83	660	658	336	647	250
Ciudad Hab. EMCE	236	726	649	0	354	732	12	11	384	5	899
Santic Spíritus Taller Prov. Transform.	170	353	305	354	0	360	365	362	30	353	555
Holguín Empresa Eléctrica	560	6	83	732	360	0	720	718	390	712	188
Ciudad Hab. COLFA	323	729	660	12	365	720	0	3	395	7	910
Ciudad Hab. Almacenes Nueva Paz	240	728	658	11	362	718	3	0	392	10	915
Sancti Spíritus. Empresa Eléctrica	190	382	336	384	30	390	395	392	0	380	525
Ciudad Habana.EE HB/ UEB Bauta	239	722	647	5	353	712	7	10	380	0	901
Guantánamo. Emp. Eléctrica	715	182	250	899	555	188	910	915	525	901	0

ANEXO 18: Inventario de Transformadores con contenido de PCB en Cuba. **Fuente:** CITMA, 2009.

Provincia	Entidad Instalación	PROD	Nombre	Cant. Lts	Tipo de envase	Estado del envase	Condiciones almacenamiento	Cant de Transformadores
Holguín	Mecánica	ASK	Transformadores con PCB	400	Metálico	Malo	Malas	5
Las Tunas	Empresa Eléctrica	ASK	Transformadores con PCB	80	Metálico	Malo	Malas	1
Ciudad Habana	EMCE	ASK	Transformadores con PCB	19398	Metálico	Bueno	Buenas	242
Sancti Spíritus	Taller Pro. De transformadores	ASK	Transformadores con PCB	1400	Metálico	Malo	Malas	17
Holguín	Empresa Eléctrica	ASK	Transformadores con PCB	84	Metálico	Bueno	Buenas	1
Ciudad Habana	COLFA	ASK	Transformadores con PCB	10434	Metálico	Bueno	Malas	130
Ciudad Habana	Almacenes Nueva Paz	ASK	Transformadores con PCB	600	Metálico	Regular	Malas	7
Sancti Spíritus	Empresa Eléctrica	ASK	Transformadores con PCB	33846	Metálico	Regular	Buenas	423
Ciudad Habana	EE HB/ UEB Bauta	ASK	Transformadores con PCB	490	Metálico	Bueno	Malas	6
Guantánamo	Empresa Eléctrica	ASK	Transformadores con PCB	1845	Metálico	Regular	Buenas	23
TOTAL				68577				855

Inventario de los Transformadores con PCB por Provincia. Fuente: CITMA 2009



ANEXO 19: Procedimiento de trabajo seguro (AST) en Proceso Logístico, de los residuos o desechos peligrosos de fluidos dieléctricos: Bifenilos Policlorados(PCB).

No	Actividades	Riesgos Potenciales	Consecuencias	Medidas de Control de Riesgos
1	Envasado de los Residuos Peligrosos	<ul style="list-style-type: none"> • Tropezones o caídas al mismo nivel 	<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"> • Evitar el vertido libre desde recipientes • Antes de manipular una sustancia química debe leerse la etiqueta del envase y/o la ficha técnica de seguridad. Con ello se conoce los riesgos y las medidas de protección a utilizar. Cumplir siempre las instrucciones • Uso de guantes de P.V.C o acrilonitrilo y ropas de protección • Delantal de P.V.C o acrilonitrilo. • Botas de P.V.C. o acrilonitrilo de media caña con puntera de acero. • 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

				<p>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
		<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"> • No se deben poner cerca de sustancias que sean inflamables o explosivas e incompatibles a estas • 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 los Residuos Peligrosos	<ul style="list-style-type: none"> • Tropezones o caídas al mismo nivel 	<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 de P.V.C o acrilonitrilo y ropas de protección

				<ul style="list-style-type: none"> • Delantal de P.V.C o acrilonitrilo. • Botas de P.V.C. o acrilonitrilo de media caña con puntera de acero. • 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.
3	Unitarizar cargas	<ul style="list-style-type: none"> • Tropezones o caídas al mismo nivel 	<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 	<ul style="list-style-type: none"> • Golpes o heridas en 	<ul style="list-style-type: none"> • Observar en el lugar en que se encuentran los

		inmóviles	distintas partes del cuerpo	<p>objetos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 de P.V.C o acrilonitrilo y ropas de protección • Delantal de P.V.C o acrilonitrilo. • Botas de P.V.C. o acrilonitrilo de media caña con puntera de acero. • 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.
4	Carga al el equipo	<ul style="list-style-type: none"> • Atrapamientos • Caídas de objetos 	<ul style="list-style-type: none"> • Fracturas o heridas en distintas partes 	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobar el correcto estado de los equipos y elementos de los aparatos elevadores antes del inicio

	de Transporte de los Residuos		del cuerpo	<p>de las actividades diarias.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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
5	Transporte de los Residuos Peligrosos hacia el Confinatorio	<ul style="list-style-type: none"> • Derrame 	<ul style="list-style-type: none"> • Daños a la Salud a las personas que estén expuestas • Daños al medio ambiente 	<ul style="list-style-type: none"> • Se debe revisar las condiciones de seguridad de la carga que transporta. • 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

				<p>residenciales, lugares públicos, áreas densamente pobladas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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
		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. • No ingerir bebidas alcohólicas
6	Descarga del equipo de Transporte de los Residuos	<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

				<p>balanceo</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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
7	<p>Traslado al almacén de los Residuos Peligrosos por equipos</p>	<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 el traslado hacia el almacén
8	<p>Almacenamiento de</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Exposición de contaminantes químicos 	<ul style="list-style-type: none"> • Enfermedades Profesionales 	<ul style="list-style-type: none"> • Todos los productos químicos deberán llevar una etiqueta y una ficha de seguridad del producto y de

	los Residuos Peligrosos			<p>sus componentes. Dicha etiqueta y ficha,deberán ser claras y legibles.</p> <ul style="list-style-type: none">• Antes de manipular una sustancia química debe leerse la etiqueta del envase y/o la ficha técnica de seguridad. Con ello se conoce los riesgos y las medidas de protección a utilizar .Cumplir siempre las instrucciones• 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.• Cuando se trate de piezas, aparatos, dispositivos y otros equipos u accesorios que estén contaminados con PCB deberán disponerse en el área destinada para almacén pero debidamente empacados y etiquetados. <p>Para garantizar el requisito fundamental de la no contaminación exterior desde el área de almacenamiento y de las condiciones seguras de contención ante derrames deben tomarse las precauciones siguientes:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Cada transformador de desecho se ubica en una piscina metálica con capacidad del contenido total de aceite del mismo. Este proceder se seguirá con el resto de materiales de desechos que sean utilizados en emergencia.2. A las piscinas de contención, en su construcción,
--	--------------------------------	--	--	---

				<p>sele comprueba su hermeticidad y son pintadas por dentro y por fuera con dos capas de pintura anticorrosiva resistentes a los PCB.</p> <p>3. Una vez ubicados en las piscinas todos los desechos peligrosos estos deben ser protegidos con envolturas de nylon para disminuir el contacto con el exterior.</p> <p>4. Los aceites envasados como desechos peligrosos en recipientes estarán pintados por fuera con dos o más capas de pintura anticorrosiva resistente a los PCB, tapados y sellados con la advertencia del producto que contienen.</p> <ul style="list-style-type: none">• El lugar de almacenamiento debe poseer ventilación adecuada• Uso de guantes y ropas de protección• Delantal• Botas que no sean de Goma• 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
--	--	--	--	---

		<ul style="list-style-type: none"> • Hinchazón de las pestañas superiores 	<ul style="list-style-type: none"> • Daños 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"> • Atrapamientos • Caídas de objetos 	<ul style="list-style-type: none"> • Fracturas o heridas en distintas partes del cuerpo 	<ul style="list-style-type: none"> • Almacenamiento ordenado sobre pallets o rack
		<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

