



Estudio para la evaluación mercadológica de los desechos industriales El Salvador-2004



Acerca de esta publicación

*Esta publicación y el trabajo descrito en ella fueron financiados por la **Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID)**, a través de **PROARCA/SIGMA**, en apoyo a la agenda de la **Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD)**, en el contexto de **CONCAUSA**, la declaración Conjunta entre Centroamérica y Estados Unidos (Miami, octubre de 1994) sobre la conservación del ambiente en Centroamérica.*

*Las opiniones e ideas presentadas aquí no son necesariamente respaldadas por **USAID, PROARCA/SIGMA, o CCAD**, ni representan sus políticas oficiales.*



ÍNDICE

1 Introducción	3
2 Aceites y lubricantes	6
3 Aluminio, cobre y bronce	10
4 Madera	15
5 Baterías automotrices	18
6 Desechos de computadora	22
7 Hierro	26
8 Llantas	29
9 Materia orgánica	33
10 Papel y cartón	37
11 PET	41
12 Textiles	45
13 Vidrio	48
14 Aceites y grasas vegetales	52
15 Polipropileno	58
16. Polietileno alta y baja densidad	63
17. Poliestireno	69
18. Conclusiones	73
19. Bibliografía	75





introducción

El Salvador es un país con una extensión territorial de 21,040.79 km² y con una población aproximada de 5,111,599 habitantes (según IV Censo de Población y Vivienda, 1992), de los cuales se considera que el 50.88% corresponde a áreas urbanas y el 49.12% a zonas rurales.

La densidad poblacional promedio es de 243 hab/km², siendo uno de los países más densamente poblados de América por unidad de superficie. Esta elevada densidad poblacional ocasiona que los recursos naturales experimenten una enorme demanda, tanto para uso doméstico como agrícola e industrial, lo cual ocasiona, en la mayoría de los casos, su contaminación y desperdicio.

La mayoría de las ciudades de El Salvador sufren serios problemas ambientales, los cuales son diversos y complejos, afectando tanto al agua como al suelo y al aire. El recurso hídrico tanto subterráneo como superficial está siendo contaminado por actividades humanas agrícolas e industriales. Las emisiones de gases de los vehículos e industrias contaminan al aire, dando lugar a cambios en la intensidad y longitud de onda de la radiación solar recibida a nivel del suelo, provocando modificaciones en el régimen, volumen y calidad de las precipitaciones.



La emigración de la población rural hacia los centros urbanos, provoca que se de una alta concentración demográfica en áreas reducidas y, en consecuencia, una sobreproducción de residuos. Esta cantidad de desechos y la inadecuada depositación genera un deterioro paulatino e irreversible en el medio ambiente, ya que no puede absorber el impacto de la sobrecarga producida.

El problema ambiental es serio, pero debe considerarse la necesidad de actuar con prontitud y eficacia para poder garantizar un mejor nivel de vida para las futuras generaciones, las cuales necesitarán de un ambiente limpio y sano para su desarrollo, y en especial, la generación de desechos industriales es uno de los principales problemas que debe enfrentarse en el menor tiempo posible.

Es, en la búsqueda de encontrar soluciones a la generación de este tipo de residuos que el proyecto “Estudio para la Evaluación Mercadológica de los Desechos Industriales en El Salvador” pretende plantear alternativas de solución a la generación de los 16 desechos que han sido identificados como de mayor impacto en el medio ambiente.

Las consultas y talleres de validación encaminados a determinar los desechos más importantes para El Salvador, dieron como resultado los siguientes 16: Aceites lubricantes; Papel y cartón; Neumáticos fuera de uso; Madera; Hierro; Metales no ferrosos: aluminio, cobre y bronce; Vidrio; PET; Materia orgánica; Grasas y aceites vegetales; Poliestireno; Polipropileno; Textiles; Polietilenos de alta y baja densidad; Equipos de computadoras y Baterías automotrices.

El presente Resumen Ejecutivo contiene información condensada por el equipo de trabajo sobre los Desechos Industriales seleccionados, por lo que en las siguientes páginas se plantearán las características y propiedades de los desechos, la situación actual en lo referente a volúmenes de generación, impactos ambientales y las posibles alternativas de solución mediante técnicas de reuso y/o reciclaje, que permitan hacer que el material residual que en la actualidad es visto como un desecho, pueda ser aprovechado mediante la implementación de apropiados procesos para ser convertido en un agente que genere valores de recuperación para sus generadores y que ofrezca disminuir los costos de operación ó fomentar la competitividad de aquellas industrias u organizaciones que consideren su inclusión como un subproducto en su proceso productivo.



EQUIPO DE INTEGRANTES DEL PROYECTO PROARCA EL SALVADOR.

El presente documento pretende exponer, de una manera sistemática, los principales aspectos que inciden en la problemática ambiental en lo que se refiere a Generación y Medidas de Reutilización de los Principales Desechos Industriales de El Salvador. Para ello se presenta una descripción de cada uno de los profesionales asignados. El equipo de trabajo que participó en este documento es el que se presenta a continuación:

Ing. Nelly Adela Castillo Machuca, M.Sc., Coordinadora Nacional

Ing. Erick E, Montoya, Coordinador Técnico.

Lic. Guillermo Ayala, Responsable de Comunicaciones.

Ing. Carlos Pacas, Asistente Técnico.

Ing. Marvin Ramírez, Asistente Técnico.

Sra. Liseth López de Cevallos, Secretaria.



Foto 1: Equipo de profesionales del Proyecto

COLABORADORES

Ing. Jaime Ricardo Rivera, Colaborador en el estudio de llantas, baterías automotrices y aceites y lubricantes

Ing. Mario Rivas, Colaborador desechos de computadoras



ACEITES Y LUBRICANTES

El aceite comúnmente usado es un compuesto de dos partes: El aceite base y los aditivos. El aceite base se consigue con un proceso de refinado del petróleo, los componentes resinosos o asfálticos son separados del producto, dejando solamente lo que nos interesa del mismo. Los aceites base no se usan tal cual salen de la refinería, sino que se terminan en una operación llamada “Blending” que consiste en mezclar aceites de propiedades conocidas y durante esta operación, se le incorporan los aditivos que son los que le confieren las propiedades necesarias según el fin a que se destine el aceite. A los lubricantes preparados de esta forma se les llama aceites terminados y son los que se encuentran en el mercado a disposición del consumidor. Los aditivos son productos químicos que se añaden al aceite base para aumentar determinadas propiedades útiles o para dar otras que no tienen. Los aditivos se incorporan a los aceites en muy diversas proporciones, desde partes por millón, hasta el 20% en peso de algunos aceites de motor. Fundamentalmente los aditivos persiguen varios objetivos: Limitar el deterioro del lubricante a causa de fenómenos químicos ocasionados por razón de su entorno o actividad, Proteger la superficie lubricada de la agresión de ciertos contaminantes, Mejorar las propiedades físico-químicas del lubricante o proporcionarle otras nuevas.



2.1 Volúmenes de Generación.

Las principales fuentes de generación de aceites lubricantes usados es la industria automovilística y la industria manufacturera, las cuales requieren de la importación de aceites para abastecer al mercado y suplir las necesidades de demanda del producto.

Según fuentes de Viceministerio de Transporte Terrestre, a Octubre del año 2003, El Salvador cuenta con un parque vehicular estimado de 565,000 vehículos, presentando un crecimiento de 100,000 unidades anuales, de las cuales 70,000 son vehículos que ingresan al país en calidad de usados, debido a lo cual los aceites de motor que traen consigo presentan una vida útil mucho menor a la de los vehículos nuevos.

De acuerdo a la memoria de labores del Ministerio del Medioambiente y Recursos Naturales, a Mayo del 2003 se cuantifican 6000 toneladas anuales de desechos de aceite y otros disolventes, de los cuales sólo 2000 toneladas reciben un tratamiento, recuperación y/o disposición final.

En lo que respecta exclusivamente a la industria automovilística, partiendo de las 565,000 unidades de transporte que forman el parque vehicular y considerando que un 75% de dicho volumen está en condiciones de uso con un promedio de generación de por unidad de 4 galones de aceite por año, obtenemos un valor estimado de 1,695,000 galones anuales.

2.2 Impactos Ambientales.

El aceite lubricante de los vehículos es reciclable y, sin embargo, cada año se desechan o se tiran por el alcantarillado millones de litros. Esta práctica no es sólo un desperdicio, sino que también es un riesgo en potencia. Los restos de aceite contienen sustancias tóxicas que pueden ser muy contaminantes si no se tratan adecuadamente. Sólo cuatro litros de aceite (la cantidad que utiliza un vehículo cuando realiza el cambio de aceite) pueden contaminar una superficie de agua equivalente a dos veces un campo de fútbol. Y si el aceite entra en contacto con aguas residuales, puede acabar con las bacterias necesarias para un tratamiento adecuado de las aguas negras.



Si se arroja a la tierra el aceite usado, éste contiene una serie de hidrocarburos que no son degradables biológicamente, que destruyen el humus vegetal y acaban con la fertilidad del suelo. El aceite usado contiene asimismo una serie de sustancias tóxicas como el plomo, el cadmio y compuestos de cloro, que contaminan gravemente las tierras. Su acción contaminadora se ve además reforzada por la acción de algunos aditivos que se le añaden que favorecen su penetración en el terreno, pudiendo ser contaminadas las aguas subterráneas.

Si se vierten a las aguas, bien directamente o por el alcantarillado, el aceite usado tiene una gran capacidad de deterioro ambiental. Al tirar 1 litro de aceite pueden contaminar 1,000,000 litros de agua. En el agua produce una película impermeable, que impide la adecuada oxigenación y que puede asfixiar a los seres vivos que allí habitan. Asimismo, el aceite usado, por su bajo índice de biodegradabilidad, afecta gravemente a los tratamientos biológicos de las depuradoras de agua, llegando incluso a inhabilitarlos.

Si se queman en forma inadecuada, contaminan la atmósfera. Cinco litros de aceite quemados en una estufa contaminan, con plomo y otras sustancias nocivas aproximadamente 1,000,000 m³ de aire, que es la cantidad estimada de aire que respira por una persona durante tres años. Si el aceite usado se quema, sólo o mezclado con fuel-oil, sin un tratamiento y un control adecuado, origina importantes problemas de contaminación y emite gases muy tóxicos, debido a la presencia en este aceite de compuestos de plomo, cloro, fósforo, azufre, etc.

2.3 Valorización de los lubricantes dentro del esquema de Gestión de residuos.

2.3.1 Reciclaje: Una alternativa de reciclaje es que los aceites usados de los talleres de reparación de automóviles, estaciones de servicio e industrias sean transportados a una planta de tratamiento. Dentro de la tecnología de reciclaje se pueden considerar los procesos de recuperación, re proceso y regeneración. A partir de un proceso secuencial de destilación, puede obtenerse gasóleo que se utiliza como combustible y aceite regenerado que se puede comercializar; a partir de 3 litros de aceite usado, se obtienen 2 litros de aceite regenerado.

2.3.2 Uso en otras aplicaciones: El aceite usado como tal, sin proceso alguno, puede ser utilizado como materia prima para membranas asfálticas, pinturas y breas asfálticas y control de



malezas en vías férreas, así como uso agrícola para control de malezas, insecticida, para el cual debe ser previamente refinado.

2.3.3 Combustible alternativo: Debido a que en su composición se encuentra una mezcla de hidrocarburos derivados del petróleo, éste puede utilizarse como combustible alterno, aunque no es recomendable su uso en hornos ladrilleros por la generación de emisiones gaseosas nocivas. Su uso en hornos cementeros e incineradores es una alternativa válida ya que implica un tratamiento previo y emisiones controladas



3. ALUMINIO, COBRE, BRONCE

El conocimiento, uso y dominio de ciertos materiales le ha permitido al ser humano alcanzar notables avances en la ciencia y la tecnología; sin embargo no se puede concebir casi ningún invento notable que no haga uso de metales en especial de tres de ellos el aluminio, el cobre y el bronce.

El aluminio posee propiedades especiales como su resistencia y bajo peso, además de su total impermeabilidad, resistencia al calor, conductividad eléctrica, etc. es un material relativamente moderno, sin embargo posee una alta aplicabilidad.

El cobre fue el primer metal conocido por el hombre, aunque resulta muy difícil establecer la fecha en la que empezó a ser utilizado, entre algunas de sus propiedades podemos mencionar: Es un muy buen conductor eléctrico, es un muy buen conductor térmico, tiene excelentes cualidades para el proceso de maquinado, alta capacidad de aleación metálica, buena capacidad de deformarse en caliente y en frío, mantiene sus propiedades al reciclarlo, permite recuperar metales de sus aleaciones, etc.





El bronce es una aleación de cobre y estaño en proporciones que son aproximada y respectivamente de 2 a 1 con la combinación del cobre y el estaño se obtiene una sustancia mucho más dura y de mayor utilidad para la fabricación de herramientas, armas y utensilios diversos. Es una de las aleaciones más empleadas tanto que incluso llegó a marcar una era de la humanidad la denominada: “Edad de Bronce”. Desde su apareamiento a sido empleado en diversas aplicaciones tales como: piezas de un sin fin de maquinaria, también para usos de tuberías, electrodomésticos y en piezas artísticas o de joyería.

3.1 Volúmenes de Generación.

Es debido a las múltiples aplicaciones que cada metal posee que, la generación de desechos de los mismos alcanza elevadas proporciones, en cuanto a los volúmenes de generación de estos desechos existen algunas investigaciones que aportan los datos siguientes: El “Estudio sobre el Manejo Regional de Residuos Sólidos para el Área Metropolitana de San Salvador”, realizado por Kokusai Kogyo Co., LTD. y la Universidad Don Bosco en el año 2000, concluyó que un 1.2% de los residuos sólidos domésticos, un 1.3% de los comerciales, un 0.5% de los institucionales y un 0.4% de los residuos de mercados corresponden a materiales metálicos.

En la memoria de labores del Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador, que corresponde al período de Junio del 2002 a Mayo del 2003, se señala que se ha generado un volumen de 8,000 toneladas de desechos metálicos en el período reportado. Volumen que de acuerdo al Análisis Sectorial del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social realizado en 1998, para el año 2010 podría incrementarse en un 35% llegando a las 10,800 toneladas de desecho.

No todos los desperdicios de metal son entregados al sistema de recolección, pues la mayoría de estos materiales son regalados a personas que los pueden emplear, vender o intercambiar, mucho de este material aparentemente desecho, encuentra un reuso de manera inmediata; por lo que este no llega al relleno sanitario y si es entregado al sistema de recolección los mismos operarios de este lo separa para venderlo posteriormente.





3.2 Impactos Ambientales.

Cuando estos metales son abandonados presentarán un ataque en la superficie del metal, en formas de picaduras o grietas, fenómeno conocido como corrosión, con un comportamiento distinto ante una exposición al aire libre, en aguas o en el suelo, así como puede tener una corrosión característica severa en cada medio, puede presentar alta resistencia.

El aluminio es altamente resistente a condiciones de exposición normales, por tanto los efectos son despreciables o nulos. Una exposición a compuestos de azufre (derivados de la combustión), no tienen efecto en la corrosión del aluminio. La mayoría del aluminio comercial muestra un pequeño o despreciable ataque cuando es expuesto a la mayoría de aguas naturales. Sin embargo, algunas aguas pueden causar un ataque localizado o picaduras, principalmente cuando el espesor del metal es pequeño. Incluso en aguas con elevada concentración de oxígeno, el aluminio es relativamente insensible.

Cuando el desecho de aluminio se encuentra enterrado la magnitud del ataque varía ampliamente, dependiendo de la composición del suelo y las condiciones climáticas. En suelos secos y arenosos la corrosión es despreciable. En suelos húmedos, alcalinos o ácidos, el ataque puede ser severo.

El cobre es resistente ante la acción corrosiva de la mayoría de los suelos. Sin embargo, los suelos con un alto contenido de materia orgánica o suelos alcalinos, en que la cantidad de cloruros, carbonatos y sulfatos es alta, pueden ser corrosivos.

En aguas naturales bajas en iones y bióxido de carbono disueltos, se forma una capa protectora de óxido de cuproso e hidróxido cúprico en la superficie del cobre que retarda apreciablemente la velocidad de corrosión. No obstante el agua de lluvia, se caracteriza por un alto contenido de bióxido de carbono y oxígeno disuelto, la velocidad de corrosión puede ser excesiva, pues la formación ácido carbónico en el agua por disolución del bióxido de carbono, impide la formación de la capa protectora en la superficie del cobre. En aguas con otros constituyentes, como ácidos, cloruros metálicos, amoníaco y sulfuro de hidrógeno aceleran la velocidad de corrosión.



El cobre expuesto a la atmósfera lentamente desarrolla un recubrimiento protector delgado, de óxido de cobre (Cu_2O) pero por otra parte, resistente a la corrosión atmosférica. El desarrollo de una capa verdosa en el cobre es esencialmente sulfato de cobre.

El bronce presenta una excelente resistencia a la corrosión en agua natural y agua de mar, lo que lo hace la mejor aleación de uso marino, además presenta una excelente resistencia a la corrosión en suelos, dependiendo también de la composición del suelo y la presencia de contaminantes. En suelos demasiado húmedos puede aparecer una ligera y despreciable corrosión, cuyos productos son color verde brillante, básicamente sulfato de cobre.

La exposición del bronce al aire presenta una corrosión muy baja, y varía de lugar a lugar, y depende de las condiciones del medio y de la presencia de contaminantes, así como el color de los productos de la corrosión pueden variar. En ambientes en presencia de azufre (como productos de la combustión) aparecen unas manchas verde oscuro y unas películas de corrosión negras, en zonas húmedas, una corrosión verde brillante y en zonas secas una película café rojizo.

3.3 Potenciales Usos.

3.3.1 Reuso: El metal usado puede ser reutilizado en una gran cantidad de aplicaciones, y ese aprovechamiento siempre es mejor que el abandono de los materiales. Por eso, cuando productos metálicos, piezas de vehículos o maquinarias dejan de utilizarse en su forma actual, es posible recuperar los componentes metálicos, procesarlos y darles la forma y el tamaño adecuados para que se vuelvan a usar en la fabricación de nuevos productos.

3.3.2 Reciclaje: Los comerciantes de chatarra compran materiales al público, compañías de demolición, garajes, comerciantes de electrodomésticos, fabricantes de metal y otros suministradores, y venden a distribuidores y compradores industriales. Los metales se seleccionan según su tipo, luego se consolidan y empaquetan. La mayoría de comerciantes compran la chatarra al público tal como está, si se requiere reprocesarlos se reduce su precio de oferta. Los comerciantes de chatarra también compran artículos de aluminio fundidos y forjados, tales como muebles de jardín, tuberías, contrapuestas, umbrales, marcos de ventana, piezas de baterías de cocina, así también alambres, tuberías, instalaciones de fontanería, válvulas, serpentines y aletas refrigerantes, de cobre y bronce.



4. MADERA.

La madera es un material complejo, con unas propiedades y características que dependen no sólo de su composición sino de su constitución (o de la manera en que están colocados u orientados los diversos elementos que la forman). La madera no es un material homogéneo, está formado por diversos tipos de células especializadas que forman tejidos. Estos tejidos sirven para realizar las funciones fundamentales del árbol; conducir la savia, transformar y almacenar los alimentos y por último formar la estructura resistente o portante del árbol.

Los desechos de madera son uno de los principales componentes en los residuos sólidos de la sociedad salvadoreña, teniendo una diversidad de entes generadores en todos los sectores. En el sector residencial, la madera se produce de una serie de actividades rutinarias como la poda de árboles y el retiro de muebles, embalajes, adornos, y utensilios. En el sector comercial, la generación de grandes cantidades de residuos de materia se origina en los embalajes que protegen en su viaje a las mercaderías importadas.



En el sector industrial, muchas empresas generan grandes volúmenes de desechos de madera, producto de los embalajes de las materias primas y de los desperdicios en los procesos productivos, los que en su gran mayoría no son aprovechados, siendo depositados y quemados sin ningún cuidado.

4.1 Volúmenes de Generación.

Según un estudio realizado en 1997 para la Secretaría Ejecutiva del Medio Ambiente, (SEMA), la participación de madera en la composición típica de residuos sólidos de la población salvadoreña es de un 1.2% a un 3.0%. En fechas más recientes, el “Estudio sobre el Manejo Regional de Residuos Sólidos para el Área Metropolitana de San Salvador”, realizado por Kokusai Kogyo Co., LTD. y la Universidad Don Bosco en el año 2000, concluyó que un 0.57% de los residuos sólidos domésticos corresponden a madera. Para el año 2003 se estima una cantidad promedio de 22.62 ton al año de madera proveniente de desechos domésticos. De acuerdo a información proporcionada por CEPIS, los residuos de madera conforman del 20% al 70% del total de residuos que genera la industria de la construcción y la demolición, y pueden incluir maderas impregnadas con pinturas ó compuestos químicos que hacen difícil su biodegradación y peligrosa su combustión.

4.2 Impactos Ambientales.

La generación de desechos de madera, implica una serie de impactos ambientales que pueden ser tratados desde diversos puntos de vista, tales como: la ubicación de los sitios de acopio, el tiempo requerido para degradarse, los riesgos a la salud pública, la peligrosidad de contaminación directa a la tierra, mantos acuíferos y aire, así como el adecuado traslado y manejo de los desechos para su disposición final.

4.2.1 Impactos al aire: La madera incinerada genera emisiones de CO₂, las que son estimadas a partir del contenido de carbón del material incinerado. El contenido de carbón contribuye a emisiones tales como CO₂, CO, compuestos orgánicos y carbono en partículas. La formación de humo durante la combustión indica la emisión de Monóxido de Carbono (CO) un gas tóxico. Así mismo materia sólida residual en forma de cenizas puede afectar a suelos y agua.





Además como todo material orgánico posee en su composición cantidades de azufre y nitrógeno, lo que implica emisiones de SO_x y NO_x , respectivamente.

4.2.2 Impactos al suelo: La madera es un material higroscópico que absorbe y desprende agua en forma de vapor con mucha facilidad, debido al elevado contenido en celulosa y a la doble vía de acceso capilar y micelar. La madera sin pintar presenta un período de descomposición de 2 – 3 años y la madera pintada de 12 – 13 años.

4.2.3 Impactos al agua: La absorción de agua por la madera es debida a su porosidad o volumen vacío de la madera, que varía mucho con la especie. Los exudados y extractos de la madera son sustancias metabólicas complejas más o menos viscosas como resinas, taninos, aceites, ceras, antioxidantes y colorantes. Afloran en la superficie de forma irregular según las especies; las muy ricas son las llamadas maderas "grasas" mientras que las "secas" son las que contienen menos sustancias. En general en las coníferas se encuentran sustancias resinosas, mientras que las maderas tropicales y ciertas frondosas son más ricas en glucósidos, antioxidantes y materias sacarinas (taninos, clorofina, etc., además de contener otras sustancias extractivas como aceites, resinas, etc). Los taninos, ácidos tánicos y clorofilas son sustancias solubles en agua, las que siendo emitidas incrementan la demanda bioquímica de oxígeno al agua, además las sustancias no solubles y el material celulósico de la madera pasan a ser sólidos suspendidos en el agua.

4.3 Potenciales Usos.

Los desechos de materia orgánica tienen un potencial elevado para ser usados como abonos orgánicos al ser transformados por técnicas como el Compostaje, el Reciclaje y la Recuperación energética.

4.3.1 Compostaje. Los desechos de madera y aserrín pueden ser utilizados en la elaboración de compost para la fertilización orgánica y el mejoramiento de los suelos, en los que sufren descomposición microbiana mediante fermentación, convirtiéndose, en un tiempo prudencial, en lo que se conoce como mantillo o humus los que producen un incremento en el nivel de elementos nutritivos.





4.3.2 El Reciclaje. Mediante un proceso de extrusión, por el cual se moldea una mezcla de maderas unidas por una goma plástica, es posible elaborar materiales para la construcción como ventanas y pisos, comparativamente mejores que los tradicionales. Las materias primas para este proceso son subproductos de la industria forestal, como aserrín, polvos de lijado y virutas, y polímeros termoplásticos vírgenes o reciclados.

4.3.3 Uso como combustible. La madera residual puede ser utilizada como combustible para calderas y hornos. En la que debe estar libre de humedad excesiva, contaminantes, pinturas y barnices, etc., puesto que implicaría emisiones ajenas a las producidas directamente por la madera. Desde el punto de vista de la recuperación de energía, los residuos de madera contienen energía (12,080 – 20,550 kJ/kg), comparable con la de los combustibles fósiles.

4.3.4 Reuso Informal y Artesanal. Los desechos de madera ya son reusados en la construcción de viviendas informales por parte de la población de escasos recursos económicos. Basta con que mantenga parte de sus propiedades mecánicas para ser incorporada como material de construcción, al perderlos, pasa a ser material combustible al ser quemada en las cocinas de leña que son de uso común en este sector de la sociedad. Una nueva forma de valorizar los desechos de madera es por medio del reuso artesanal, donde los desechos de embalajes, muebles, construcciones, etc., son aprovechados por artesanos informales para construir jaulas, casas para perros, juguetes y adornos, generándose así una labor que provee ingresos económicos a los artesanos y un alargamiento de la vida útil del material.





5. BATERIAS AUTOMOTRICES.

Las baterías son probablemente la forma más importante de almacenamiento de electricidad. Su flexibilidad y facilidad de uso ha proporcionado al almacenamiento químico de electricidad una posición importante en el mercado. Normalmente son utilizadas en automóviles, sus elementos constitutivos son **pilas** individualmente formadas por un ánodo de plomo, un cátodo de óxido de plomo y ácido sulfúrico como medio electrolítico.

Las baterías se presentan en una variedad de formas y de tamaños y las características más importantes por las que pueden definirse se resumen a continuación:

- Energía específica (Wh/kg): es la cantidad de energía que la puede almacenar por unidad de peso. Cuanto más alta, mejor. Para el acumulador de plomo, es aproximadamente 50Wh/kg.
- Potencia específica (W/kg): es la potencia que puede suministrar por unidad de peso. Cuanto mayor es, más aplicaciones posibles tiene. Para un acumulador de plomo típico, es alrededor de 450 W/kg.



- Eficacia (%): es la fracción de electricidad que devuelve en proporción a la cantidad de electricidad que ha sido necesaria para cargarla. Cuanto más alta, mejor, idealmente el 100%.
- Número de ciclos de carga-descarga: es el número de veces que puede ser recargada para recobrar su capacidad completa después de su uso. Es una indicación de la duración de vida de la batería. Cuanto más alto, mejor. Para un acumulador de plomo, es del orden de 800.
- Tiempo de recarga normal (h): es el tiempo necesario para recargar completamente la batería. Cuanto más corto, mejor. Para un acumulador de plomo típico, es del orden de 3 horas.

5.1 Volúmenes de Generación.

La principal fuente de generación es la industria automovilística, la cual requiere de la importación de baterías para abastecer al mercado y suplir las necesidades de demanda del producto. Según fuentes del Viceministerio de Transporte Terrestre, a Octubre del año 2003 El Salvador poseía un parque vehicular estimado de 565,000 vehículos, presentando un crecimiento de 100,000 unidades anuales, de las cuales 70,000 son vehículos que ingresan al país en calidad de usados, debido a lo cual las baterías que traen consigo presentan una vida útil mucho menor a la de los vehículos nuevos.

De acuerdo a lo anteriormente señalado, y considerando un 75% del parque vehicular en condiciones de uso, una vida útil promedio de tres años por batería, se estima un desecho anual de 141,250 baterías desechadas para el año 2003, proyectándose que de acuerdo al volumen de vehículos que ingresan al país cada año, se tendrá un incremento anual en la generación de baterías usados de 25,000 unidades.

5.2 Impactos Ambientales.

La combinación resultante entre el alto volumen de generación de las baterías de plomo-ácido fuera de uso y la composición química de naturaleza tóxica de éstos, que prácticamente imposibilita su biodegradación, representa un fuerte impacto para la salud y el medioambiente de El





Salvador. Es por ello que las baterías de plomo-ácido tienen un alto impacto ambiental durante todo su ciclo de vida, desde su fabricación, uso y hasta su descarga al medioambiente.

5.2.1 Abandono o Entierro en suelos: El abandono de las baterías a espacio abierto, puede afectar al medio a causa de un arrastre de contaminantes por la lluvia, tales como óxidos de plomo y electrolito ácido, afectando tanto al suelo como al agua subterránea. Siendo el plomo un contaminante muy peligroso debido a su acumulación en plantas, animales y gravemente en seres humanos.

5.2.2 Descarga en ríos y lagos: Al descargar las baterías automotrices en ríos y lagos, puede ser emitido el contenido electrolítico de ácido sulfúrico, así como óxidos metálicos residuales, lo que afectaría gravemente a este medio acuático y sus formas de vida.

5.2.3 Quema a espacio abierto: Al estar dispuestas en un basurero las baterías automotrices son propensas a quemarse los materiales combustibles de plástico como la carcasa, compartimientos, separadores y material tubular. Los cuales, presentan emisiones de monóxido de carbono por combustión incompleta. Además eliminando el material de plástico, permitirá que el contenido de la batería sea liberado al ambiente, tal como el ácido sulfúrico, óxido de plomo, contaminantes de alto carácter tóxico.

5.3 Valorización dentro del esquema de Gestión de residuos.

5.3.1 Recarga: Las baterías pueden ser recargadas cuando han disminuido o perdido su entrega de potencia eléctrica, además de agregar o cambiar el contenido de electrolitos, y en ocasiones pueden ser reemplazadas las mallas metálicas. Al recargar una batería completamente descargada, la velocidad de carga inicial puede ser de 3 a 5 veces mayor que la velocidad de carga final indicada en la placa de identificación de la batería. La velocidad de carga debe disminuir gradualmente hasta la velocidad final en el momento en que la batería esté cargada un 85% y puede ser incluso inferior cuando esté completamente cargada. El tiempo de recarga puede variar de 8 a 17 horas, con una eficiencia energética de 65%.





5.3.2 Reciclaje: Éstas son procesadas en modernas máquinas, que trituran, separan plástico, óxidos y metales y el ácido. Con el proceso de reciclaje lo que más se aprovecha es el plomo que es reutilizado para la elaboración de nuevas baterías. Poseen una reciclabilidad de materiales del 97%.

Las baterías usadas tienen índices de reciclaje más alto que el papel y el aluminio. El plomo es tan bueno como el extraído de las minas o el importado. El plomo reciclado también es empleado en la elaboración de plomadas o pesas para pesca. Además, se elaboran láminas y ladrillos de plomo que son utilizadas en las salas de radiografía o de quimioterapia.



6. EQUIPOS DE COMPUTADORAS.

En las últimas décadas, hemos observado un incremento en el uso y dependencia de las computadoras. Esto nos presenta una encrucijada a la hora de decidir qué hacemos con las unidades y periféricos que por el pasar del tiempo se vuelven “obsoletas”. Se ha creado un nuevo tipo de desperdicio sólido, un nuevo tipo de desperdicio que debe ser manejado de una forma diferente, debido a la diversidad de materiales que en él se encuentran. De ahí nace el término “compubasura”: de un caso de mal manejo de desperdicios sólidos (que en algunas instancias se considera peligroso). Se denomina compubasura toda computadora, pieza de computadora, periférico o accesorio que ya no se usa, ya sea que esté almacenado o haya sido dispuesto por considerarse obsoleto.

La disposición de compubasura resulta un reto formidable debido a las características que este desperdicio posee. Tiene materiales que son reciclables y que pueden ser recuperados, a la vez que tiene materiales que son clasificados “obsoletos” por las agencias reguladoras. Si estos





últimos fuesen dispuestos de forma inadecuada, podrían causar serios problemas ambientales, e inclusive podría amenazar la salud pública. Sin embargo, el aspecto más importante es que este recurso, si se maneja adecuadamente, podría extender la vida útil de estos artículos, logrando obtener unos recursos que de otra manera resultarían virtualmente imposibles de conseguir debido a su alto costo en el mercado.

Las computadoras deben manejarse de forma diferente a otros materiales que se van a reciclar. Esto debido a su composición interna que consiste de varios tipos de materiales, a su vez reciclables individualmente. En la mayoría de las computadoras existen los siguientes materiales en proporciones similares a las siguientes:

- Acero y metales no ferrosos 40% a 70%
- Cables y alambres 1.5% a 6%
- Tubos de despliegue Hasta 6%
- Materiales termoplásticos Hasta 20%
- Mezclas de plásticos 1.5% a 6%
- Materiales especiales (baterías, entre otros.) 0.3% a 0.5%

6.1 Volúmenes de Generación.

De acuerdo a nuestro estudio, es evidente que existe una falta de datos estadísticos sobre la generación de desechos de computadoras en El Salvador. Ninguna institución ha hecho estudios para generar los datos básicos que permitirían determinar el índice de generación de desechos.

Según fuentes privadas de distribuidores formales de productos de computadoras, en promedio ingresan a El Salvador 2000 unidades completas por año, lo que representa un estimado de 50,000 kgs de materias que serán desechadas incorrectamente, cantidad que bien puede incrementarse en un 50% debido a los equipos “usados” que ingresan en forma particular y sin control alguno al país.

Como agravante, la disposición actual de los desechos de computadoras es en gran medida encaminada a ser depositados en un cuerpo de aguas, un botadero a cielo abierto ó en el mejor de los casos, un relleno sanitario. Debido a que nuestro país carece por completo de un programa de



reciclaje y acopio de este tipo de desechos, si bien pueden pasar un período de tiempo almacenados en bodegas, al final son evacuados como basura convencional y por ende, con una disposición final de acuerdo la manera en que las autoridades municipales tratan su basura.

6.2 Impactos Ambientales.

La inadecuada disposición final de los desechos de computadoras trae consigo una serie de impactos negativos al medio ambiente. Situación que a corto y mediano plazo llegan a afectar la calidad de vida de la población. De allí la necesidad de comentar y exponer los efectos negativos que debemos de esperar al disponer inadecuadamente los componentes de las computadoras.

Algunas de las de las sustancias peligrosas que podrían estar contaminando nuestras aguas subterráneas silenciosamente son el plomo y el PCB; el plomo se encuentran en los cristales de los monitores, se considera uno de los contaminantes más peligrosos y sus efectos pueden ser desde irritabilidad, cansancio y agotamiento, hasta problemas de tipo neurológico y de comportamiento y el PCB que producen alargamiento y deterioro del hígado de los mamíferos, disminuyen las actividades desintoxicantes del hígado; muchos mamíferos exhiben una reducción de peso y una disminución en el crecimiento; producen tumores en el hígado en algunas piezas eléctricas.

Así mismo, la quema a espacio abierto de los materiales combustibles de los desechos de computadoras producen emisiones de contaminantes al aire, tal es el caso del monóxido de carbono un gas tóxico que sumado al dióxido de carbono calientan la atmósfera causando el efecto invernadero y cuya respiración disminuye la glicólisis (aeróbica). El monóxido de carbono puede provocar la inhibición de algunas oxidaciones metabólicas, con o sin presencia de la luz según el caso.

6.3 Valorización dentro del esquema de Gestión de Residuos.

6.3.1 Reuso: Utiliza las partes o componentes de otros sistemas para mejorar el propio. Incluso la computadora en sí puede ser utilizada en tareas para las que aun están calificadas. Crear productos nuevos usando las partes que no se puedan usar según el diseño original; puede crear libretas, carpetas y joyería, donde la imaginación es el límite.



6.3.2 Actualización: Considera alquilar o mejorar computadoras en vez de comprar nuevas. La actualización es el proceso mediante el cual el propietario de una computadora cambia algunas de sus partes por piezas nuevas de mayor capacidad o velocidad que las piezas originales.

6.3.3 Reciclaje (Desmanufacturación): Luego de desmontar el equipo, el metal, el plástico y el vidrio se procesan para ser reusados. Las computadoras y sus partes, son instrumentos que se deben manejar de forma diferente a otros materiales que se van a reciclar. Esto debido a su composición interna que consiste de varios tipos de materiales, a su vez reciclables individualmente.

6.3.4 Donación: Donar el equipo a un vecino, a escuelas, a caridades o a cualquier otra persona o entidad que necesite el mismo.



7. HIERRO.

El hierro puro es un metal gris plateado, buen conductor de la electricidad, blando, dúctil y maleable a temperatura ordinaria, que se vuelve plástico por encima de los 790°C. El hierro se magnetiza fácilmente a temperatura ordinaria; es difícil de magnetizar en caliente y sobre los 790°C la propiedad magnética desaparece. El metal existe en tres formas diferentes: ordinario, o a-hierro (hierro alfa) de estructura cúbica centrada en el cuerpo, g-hierro (hierro-gamma) de estructura cúbica centrada en las caras y d-hierro (hierro-delta) de estructura similar a la forma alfa y de propiedades también parecidas. La transición desde a-hierro a g-hierro se produce alrededor de los 910°C, y la transición desde g-hierro a d-hierro se produce alrededor de los 1.400°C. Las propiedades físicas diferentes de todas las formas alotrópicas y su diferente comportamiento para adicionar el carbono juegan un importante papel en la formación, el endurecimiento y templando de acero.



7.1 Volúmenes DE Generación.

El hierro es un material de gran consumo en la sociedad salvadoreña, teniendo una diversidad de entes generadores en todos los sectores, así como usos y aplicaciones. Según el Diagnóstico Nacional del Manejo de los Desechos Sólidos Municipales, realizado en 1997 para la Secretaría Ejecutiva del Medio Ambiente, (SEMA), la participación de metales ferrosos en la composición típica de residuos sólidos de la población salvadoreña es de un 2.0% a 3.0%; rango que semejante al 2% que señala el Ing. Mauricio Sermeño en su estudio “La basura, Un problema a solucionar o a evitar”, realizado en el mismo año. En fechas más recientes, el “Estudio sobre el Manejo Regional de Residuos Sólidos para el Área Metropolitana de San Salvador”, realizado por Kokusai Kogyo Co., LTD. y la Universidad Don Bosco en el año 2000, concluyó que un 1.2% de los residuos sólidos domésticos, un 1.3% de los comerciales, un 0.5% de los institucionales y un 0.4% de los residuos de mercados corresponden a materiales metálicos. En la memoria de labores del Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador, que corresponde al período de Junio del 2002 a Mayo del 2003, se señala que se ha generado un volumen de 8,000 toneladas en el período reportado, volumen que de acuerdo al Análisis Sectorial del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social realizado en 1998, para el año 2010 podría incrementarse en un 35% para llegar a las 10,800 toneladas.

7.2 Impactos Ambientales.

La generación de desechos con contenido de materiales ferrosos, implica una serie de impactos ambientales que pueden ser tratados desde diversos puntos de vista, tales como selección de los sitios de acopio, riesgo a la salud pública, peligrosidad por su forma y contenido, peligrosidad de contaminación directa a la tierra y mantos acuíferos, traslado y manejo de los desechos para su disposición final.

7.2.1 Descarga en Ríos o Lagos: El agua y los electrólitos solubles aceleran la reacción la oxidación química del hierro formando óxidos de hierro , en las aguas naturales, cuyo pH es siempre superior a 4, el hierro disuelto no puede existir excepto, bajo forma divalente (Fe^{+2} o hierro ferroso). En principio, basta oxidar a hierro trivalente (Fe^{+3} o hierro férrico) en las condiciones de





pH del medio, para obtener su precipitación y poder separarlo. A pH >4 el Fe férrico se puede encontrar en forma coloidal. También puede formar complejos estables con materiales orgánicos, la sílice o los fosfatos. En todos estos casos habrá que adoptar disposiciones particulares para desestabilizar los coloides y/o destruir los complejos.

7.2.2 Abandono o Entierro en Suelos: Expuesto al aire húmedo, (Humedad > 80% aumenta corrosión y menor de 40% disminuye corrosión), se corroe formando óxido de hierro hidratado, una sustancia pardo-rojiza, escamosa, conocida comúnmente como orín. Este óxido es un sólido que mantiene la misma forma general que el metal del que se ha formado, pero con un aspecto poroso, algo más voluminoso, y relativamente débil y quebradizo. La formación de orín es un fenómeno electroquímico en el cual las impurezas presentes en el hierro interactúan eléctricamente con el hierro metal. Se establece una pequeña corriente en la que el agua de la atmósfera proporciona una disolución electrolítica. En este proceso, el hierro metálico se descompone y reacciona con el oxígeno del aire para formar el orín. La reacción es más rápida en aquellos lugares donde se acumula el orín, y la superficie del metal acaba agujereándose.

7.3 Valorización dentro del esquema de Gestión de residuos.

7.3.1 Reuso: Las alternativas de reuso de los materiales ferrosos pasan por una amplia gama de aplicaciones como en el sector construcción, la fabricación de artesanías y la industria automotriz. Todas estas ramas en gran medida ya reusan elementos fabricados con materiales ferrosos, pero hace falta una mayor diversificación, un enfoque a dar mayor valor agregado a los productos y una organización que les permita ser más eficientes, productivos y competitivos.

7.3.2 Reciclaje: El proceso de reciclado está debidamente orientado hacia las empresas fundidoras grandes y pequeñas, que están legalmente establecidas y realizan sus operaciones internas de acuerdo a las normas y controles que las instituciones del estado hacen valer, pero que tiene serias deficiencias en los procesos intermedios externos a las plantas, que son los necesarios para hacer llegar el material a las plantas de fundición.



8. NEUMÁTICOS FUERA DE USO.

Los neumáticos para uso de automotores son los elementos que permiten a un vehículo desplazarse en forma suave a través de superficies lisas. Consisten en una cubierta principalmente de caucho (natural y sintético) que contiene aire, confinado por un encordado de acero y fibra textil. Un neumático necesita grandes cantidades de energía para ser fabricado, por ejemplo, para fabricar un neumático de camión se necesita medio barril de petróleo crudo.

8.1 Volúmenes de Generación.

La principal fuente de generación de neumáticos usados en El Salvador es la industria automovilística, la cual requiere de la importación para abastecer al mercado y así suplir las necesidades de demanda del producto, se estima un desecho anual de 565,000 neumáticos para el año 2003, proyectándose que de acuerdo al volumen de vehículos que ingresan al país cada año, se tendrá un incremento anual de 106,600 unidades en la generación de neumáticos usados.



8.2 Impactos Ambientales.

Las emisiones por abrasión durante el uso de los neumáticos pueden afectar tanto al suelo como al agua, emitiendo los siguientes componentes: hule (42%), carbón (34%) y aceites de minerales (17%), compuestos misceláneos (7%), dentro de los que se pueden citar: azufre, cera, fenilendiamina, ciclohexiltioftalamina, sulfonamidas, anilina, benzotiazole, mercaptanos e hidrocarburos poliaromáticos, que son el resultado de la conversión química de ingredientes durante la vulcanización de los componentes de hule de la llanta.

Cuando es expuesto al agua son emitidas sustancias solubles al agua, y luego ocurre descomposición química y biológica. Los componentes inorgánicos son parte de la descomposición del neumático al suelo, liberando cerca de 4 gr de óxido de zinc, 2.3 mg de óxido de cadmio, 11 gr de óxido de plomo por neumático. Esto representa un impacto ambiental negativo al suelo, la concentración de los contaminantes puede llegar a 16 gr/m³. El suelo absorbe 0.16 gr/ m³ de óxido de zinc, 0.09 mg/ m³ de óxido de cadmio y 0.4 mg/ m³ de óxido de plomo (II). En quemas a cielo abierto, estas emisiones pueden representar peligros para la salud (a largo plazo) agudos (corto plazo) y crónicos significativos a los residentes próximos. Estos efectos de salud incluyen la irritación de la piel, de los ojos, y de las membranas mucosas, de la depresión del sistema nervioso central, de los efectos respiratorios, y del cáncer.

Las montañas de neumáticos forman arrecifes donde la proliferación de roedores, insectos y otros animales dañinos constituye un problema añadido. La reproducción de ciertos mosquitos, que transmiten por su picadura fiebres y encefalitis, llega a ser 4.000 veces mayor en el agua estancada de un neumático que en la naturaleza, lo que incrementa la posibilidad de padecer epidemias como las de dengue, malaria y otras; situación que en los últimos años obligó al gobierno y a distintas instituciones de la sociedad a evitar que los neumáticos queden al aire libre y así acumulen agua de lluvia donde se reproduce el mosquito *Aedes Aegypti*, transmisores de la enfermedad.



8.3 Valorización dentro del esquema de Gestión de residuos.

8.3.1 Reencauche: El recauche es un reciclaje temporal ya que tras su nuevo uso volverá a ser un residuo. Consiste esta técnica en retirar las gomas dañadas que componen la banda de rodadura y montar una nueva banda. Actualmente la calidad obtenida, si el montaje es correcto, ofrece las mismas propiedades que un neumático nuevo. Además, es capaz de multiplicar por dos o tres veces la vida útil de la llanta.

8.3.2 Trituración: En el triturado de neumáticos se logra separar el caucho, metales y textiles, que pueden destinarse a un mejor aprovechamiento de los materiales.

El caucho triturado tiene usos muy variados como aditivo de mezclas en asfaltos para carreteras, superficies de pistas deportivas, pantallas acústicas, aislamientos en construcción, piezas plásticas de automóviles, partes elásticas de calzado deportivo, bandas transportadoras, neumáticos de bicicletas, tintas, etc. Los textiles y metales separados pueden ser enviados a una planta de reciclaje u otra disposición de éstos.

8.3.3 Usos directos: A los neumáticos puede proporcionárseles de manera directa diversos usos, desde los más básicos como elementos de seguridad en circuitos de velocidad o instalaciones parecidas, elementos de juegos infantiles, columpios, rompeolas, protecciones en puertos contra golpes de embarcaciones, hasta los usos más innovadores como elemento estructural (muros de retención) de terraplenes y taludes.

8.3.4 Valorización energética: Estos procesos se basan en la recuperación del valor energético del neumático. Para ello es necesario contar con instalaciones apropiadas que cumplan en sus procesos con la totalidad de requisitos medioambientales existentes, o sea, minimizando tanto las emisiones a la atmósfera como la generación de cenizas.

Es de citar que el gran poder calorífico de los neumáticos: 29,307.6 a 33,494 kJ/kg, supera al carbón (23,260 kJ/kg – 28,144.6 kJ/kg), y a todos los componentes de los residuos sólidos urbanos. Esto es consecuencia del alto contenido en compuestos hidrocarbonados en los polímeros de caucho, alcanzando composiciones básicas de más del 75 % en carbono.



Básicamente son tres los procesos térmicos que aceptan a los neumáticos usados como material de combustión:

1. *Termólisis y Pirólisis controlada.* Son procesos basados en la descomposición, despolimerización y craqueo del caucho al someterlo a altas temperaturas. Si el aporte energético es externo se produce la termólisis, y si es interno por combustión del residuo, es la pirolisis. Se obtienen negro de carbono, aceites bituminosos, coque y gases, que pueden ser empleados como materia prima o combustibles, por lo que puede considerarse también un proceso de reciclaje.

2. *Incineración con recuperación de energía.* En instalaciones diseñadas al efecto o como sustituto, triturado, del carbón, es frecuente el empleo de neumáticos usados en centrales térmicas para cogeneración eléctrica. La incineración a más de 1,000°C destruye completamente el neumático, y minimiza las emisiones de dioxinas y furanos.

3. *Incineración en cementeras,* donde se emplea en dos puntos, como combustible en los hornos o en las torres de enfriamiento. Como resultado de la combustión la fracción metálica se incorpora al "clinker", el azufre a la cal y las cenizas a la escoria. Todo ello garantiza la total eliminación del neumático.



9. MATERIA ORGÁNICA.

Toda la materia viva está compuesta por agua (hasta 70-80% del peso celular), bioelementos primarios como C, O, N, H, P y S, imprescindibles para formar los principales tipos de moléculas biológicas (glúcidos, lípidos, proteínas y ác. nucléicos), bioelementos secundarios: todos los restantes; algunos son imprescindibles como el Ca, Na, Cl, K, Mg, Fe, etc., otros sólo son fundamentales para especies determinadas).

9.1 Volúmenes de Generación.

Los desechos de materia orgánica son el principal componente en los residuos sólidos de la sociedad salvadoreña, teniendo una diversidad de entes generadores en todos los sectores. En el sector residencial, la materia orgánica se produce de una serie de actividades rutinarias como la preparación de alimentos, poda de árboles, corte de grama, comida de frutas, etc. En el sector comercial, en especial los sub-sectores de restaurantes y hoteles, la generación de grandes cantidades de residuos orgánicos obliga a retirar en horas nocturnas sus desechos.





Según estudios realizados en 1997 para la Secretaría Ejecutiva del Medio Ambiente, (SEMA), la participación de materia orgánica en la composición típica de residuos sólidos de la población salvadoreña es de un 45.00% a 55.00%. En fechas más recientes, el “Estudio sobre el Manejo Regional de Residuos Sólidos para el Área Metropolitana de San Salvador”, realizado por Kokusai Kogyo Co., LTD. y la Universidad Don Bosco en el año 2000, concluyó que un 58.00% de los residuos sólidos domésticos corresponden a materia orgánica. En la memoria de labores del Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador, que corresponde al período de Junio del 2002 a Mayo del 2003, se señala que se ha generado un volumen de 540,000 toneladas en el período reportado, volumen que de acuerdo al Análisis Sectorial del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social realizado en 1998, para el año 2010 podría incrementarse en un 35% para llegar a las 729,000 toneladas.

9.2 Impactos Ambientales.

La generación de desechos con contenido de materia orgánica, implica una serie de impactos ambientales que pueden ser tratados desde diversos puntos de vista, tales como selección de los sitios de acopio, riesgo a la salud pública, peligrosidad de contaminación directa a la tierra, mantos acuíferos y aire, así como el traslado y manejo de los desechos para su disposición final.

9.2.1 Impactos al aire: El amoníaco se volatiliza fácilmente con la exposición de la materia orgánica al aire; cuanto más grande es la exposición, es decir, una mayor área específica en contacto con el aire, más amoníaco se volatilizará. Las emisiones de amoníaco pueden resultar en la fertilización con nitrógeno y el cambio en la composición de especies en ecosistemas naturales y/o en la eutroficación de sistemas acuáticos. El metano y el N_2O son gases traza irradiantes involucrados en el calentamiento global.

9.2.2 Impactos al suelo: La descomposición de materia orgánica, influye en el pH de suelo, produce compuestos orgánicos que tienden a acidificar el suelo. Influye en el estado de dispersión/floculación del suelo. Es un agente de alteración por su carácter ácido, descompone los minerales.



9.2.3 Impactos al agua: La pérdida de amoníaco a partir de los desechos es perjudicial para el medio ambiente externo porque contribuye a la lluvia ácida, lo mismo que a bajas tasas N/P, las cuales incrementan la probabilidad de escorrentía excesiva de P hacia los cuerpos de agua adyacentes. La escorrentía superficial con el agua de limpieza, con la lluvia desde los corrales, alimentaderos, establos, mataderos, mercados, etc. puede ser una fuente importante de contaminación. La materia orgánica disuelta en agua influencia en la demanda bioquímica de oxígeno, la mayoría de los peces no pueden sobrevivir en agua con menos de 5 ppm (partes por millón) aunque hay algunos que viven en agua de menos de 3 ppm de oxígenos disuelto. Las mediciones de oxígeno disuelto (OD), junto con la utilización del oxígeno, demanda bio química (DBO), son los factores que se usan para determinar el grado de contaminación del agua.

9.3 Potenciales Usos.

Los desechos de materia orgánica tienen un potencial elevado para ser usados como abonos orgánicos al ser transformados por técnicas como el Compostaje, el Vermicompostaje y la Digestión Anaerobia.

9.3.1 Compostaje. Comportar (ya sea con lombrices rojas o mediante una pila de residuos) es una forma muy interesante de capturar la mayor parte de nutrientes de los residuos orgánicos y hacerlos estables al agua. Los materiales para transformar en compost pueden ser variados: césped cortado, cenizas de leña, estiércoles, plumas, hojas de árboles, papeles sucios, desperdicios de cocina y agrícolas, y, en general, cualquier residuo orgánico.

El compostaje o "composting" es el proceso biológico aeróbico, mediante el cual los microorganismos actúan sobre la materia rápidamente biodegradable, permitiendo obtener "compost", abono excelente para la agricultura. El compost o mantillo se puede definir como el resultado de un proceso de humificación de la materia orgánica, bajo condiciones controladas y en ausencia de suelo. El compost es un nutriente para el suelo que mejora la estructura y ayuda a reducir la erosión y ayuda a la absorción de agua y nutrientes por parte de las plantas.



9.3.2 El Vermicompostaje. Los residuos orgánicos también pueden ser procesados y fragmentados rápidamente por los gusanos de tierra, que los transforman en un material estable, no tóxico, con buena estructura, que tiene un potencial alto como acondicionador económico de suelo y abono de valor para el crecimiento de plantas. El vermicompost es un fino material como la turba dividida con la estructura óptima, porosidad, ventilación, drenaje y capacidad de retención de humedad. Sistemas de baja, media y alta tecnología son disponibles y fácilmente adaptables a diferentes tipos de residuos. El vermicompost tiene un balance mineral apropiado, mejora la disponibilidad de alimento para las plantas y actúa como un complejo fertilizador en gránulos. Como el proceso de compostaje, el vermicompostaje ofrece una gran reducción en el volumen de residuos.

9.3.3 Digestión Anaerobia: Es un proceso biológico degradativo que usa microorganismos anaeróbicos para estabilizar sólidos orgánicos o biosólidos, o lo que es lo mismo, es la degradación de moléculas complejas en productos más elementales por microorganismos, en un medio sin oxígeno, en el cual parte de los materiales orgánicos de un substrato son convertidos en biogás, mezcla de dióxido de carbono y metano con trazas de otros elementos, por un consorcio de bacterias que son sensibles o completamente inhibidas por el oxígeno.

Utilizando el proceso de digestión anaerobia es posible convertir gran cantidad de residuos, residuos vegetales, estiércoles, efluentes de la industria alimentaria y fermentativa, de la industria papelera y de algunas industrias químicas, en subproductos útiles. En la digestión anaerobia más del 90% de la energía disponible por oxidación directa se transforma en metano, consumiéndose sólo un 10% de la energía en crecimiento bacteriano frente al 50% consumido en un sistema aerobio.

La materia prima preferentemente utilizada para someterla a este tratamiento es la biomasa residual con alto contenido en humedad, especialmente los residuos ganaderos y los lodos de depuradora de aguas residuales urbanas.



10. PAPEL Y CARTÓN.

El papel es una estructura obtenida sobre la base de fibras vegetales de celulosa, las cuales se entrecruzan formando una hoja resistente y flexible. Estas fibras provienen del árbol y según su longitud se habla de fibras largas de aproximadamente 3 milímetros (generalmente obtenidas de Pino Insigne u otras coníferas) o fibras cortas de 1 a 2 milímetros (obtenidas principalmente del Eucalyptus). Ahora bien, antes de continuar es preciso definir la celulosa: Es un carbohidrato, que forma naturalmente un polímero (cadena de unidades químicas iguales, más de 2000 eslabones en el caso de la celulosa). En la madera, la fibra celulosa se mantiene adheridas por una sustancia denominada Lignina.

En el proceso de producción de celulosa química la mayor parte de la lignina es removida de manera de hacer solubles las fibras y de evitar que al oxidarse la lignina le dé un color amarillo al papel (situación que sucede con el papel periódico que no es elaborado con celulosa química sino





que con pulpa mecánica). También existe la hemicelulosa que consiste en carbohidratos mucho más cortos (principalmente pentosanos).¹ La celulosa posee cualidades entre las cuales están: Volumen Específico, Índice de Tensión, Índice de Rasgado, Largo de fibra, Drenabilidad, Contenidos de finos, Viscosidad y Contenido. Cada una de las cualidades anteriores influye de manera directa en la calidad del papel, este posee propiedades que se agrupan en mecánicas y de presentación; estas varían de acuerdo a la utilidad del papel. Es precisamente este punto lo que vuelve importante el estudio de los desechos de papel, debido a la diversidad de utilidades prácticas a las cuales se destina.

10.1 Volúmenes de Generación.

Entre algunas fuentes productoras de estos desechos podemos mencionar: oficinas, donde se obtiene una cantidad de papelería empleada para diversas actividades; generalmente los residuos de oficina son en papel bond, aunque también aparecen de otros tipos; la industria de los impresos también aporta una enorme cantidad de desechos, sin embargo en este rubro si aparecen diversos materiales como cartulinas, papel brillante para fines publicitarios, papel adhesivo, sobres, tarjetas, afiches en cartoncillo, etc. La investigación denominada “Estudio sobre el Manejo de Residuos Sólidos para el Área Metropolitana de San Salvador en la República de El Salvador”, financiado por la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA) y ejecutado por la Universidad Don Bosco en noviembre de 2000 ofrece los datos siguientes; el papel y el cartón representan un 15.8% (106,263.8 ton/año) de los desechos domésticos. En el sector comercio el papel constituye el 63.1% (67,052.4 ton/año) del total de desechos; mientras que en la industria de los restaurantes genera una gran cantidad de desechos, de los cuales el 22.1%(23,484.3 ton/año) pertenece a residuos de papel y cartón. En otra investigación realizada por The S.M. Group International Inc. En el año 1997, los residuos de papel y cartón constituían entre el 15 y el 20% del total de residuos de El Salvador.

Atendiendo a los datos anteriores, se estima que, para el año 2005 el volumen generado como desecho de papel y cartón será de 147,835.94 ton anuales lo que muestra la importancia del recurso en la sociedad salvadoreña.

¹ Fuente Paper.net.cl



10.2 Impactos Ambientales.

Los desechos de papel y cartón generan efectos negativos cuando la disposición de los mismos no es adecuada, a continuación se detallan algunos impactos en diversos medios.

10.2.1 Impactos al aire: La quema de papel y cartón, provoca abundante humo y partículas de carbón en forma de cenizas no consumidas que se desplazan con facilidad en el aire, las principales emisiones por quema de papel y cartón son cenizas, CO y CO₂.

10.2.2 Impactos al suelo: Los componentes que no son emitidos al aire y agua, y quedan estacionarios en el suelo, son los siguientes: Carbono, Azufre y N-total, cuando el papel y el cartón son quemados, ahora cuando es abandonado en espacios abiertos se propicia su acelerada descomposición, ya que la luz solar, sobre todo los rayos ultravioletas perjudican a todas las fibras naturales y a una parte también de las sintéticas, por lo tanto el papel y cartón se “Envejece”, es decir, se oxida con el oxígeno del aire (“se quema”), debido a que absorbe energía de radiación, que provoca reacciones fotoquímicas y destruye las fibras.

10.2.3 Impactos al agua: Los desechos de papel y cartón se disuelven en corto tiempo en medios acuáticos, además de incrementar la demanda de oxígeno, que afecta las condiciones normales de la biótica del lugar, también se convierte en potencial caldo de cultivo de microorganismos distinto de los tradicionales del lugar.

10.3 Potenciales Usos.

10.3.1 Combustible. Su utilización como combustible alternativo en hornos y calderas, aunado a un adecuado suministro de aire contribuye a la minimización en la formación de humos y consecuentemente, del monóxido de carbono, un gas considerado tóxico. El aprovechamiento energético del papel como combustible radica en su contenido energético, dentro de los papeles con mayor poder energético está el papel de oficina con un 3,777.7 PCI (Kcal./Kg.) y el papel que posee el valor energético más bajo es el que se emplea en revistas con un 2,916.6 PCI (Kcal./Kg.).



10.3.2 Relleno sanitario. La disposición de los desechos de papel y cartón en un relleno sanitario normalmente involucra una mezcla de residuos sólidos municipales con una alta cantidad de materiales orgánicos. En una fase controlada de 150 años de dicho relleno, se presentan las siguientes emisiones al aire y agua: Emisiones al aire por 1000 Kg. de material en relleno sanitario: Metano 27.5g., CO₂ 19,000g. y CO 81.7g.; Emisiones al agua por 1000 Kg. de material en relleno sanitario: DBO 0.0177g, DQO 0.502g.; Sustancias suspendidas 12.5g., COT 70.3g. y Sulfato 154 g.

10.3.3 Compostaje. Los desechos de papel y cartón no son convenientes disponerlos en compostaje ya que contienen mucho carbono y poco nitrógeno, pues se descompondrán lentamente, a menos que se agreguen otros desechos que contengan nitrógeno.

10.3.4 Reciclaje. Cuando el papel se recicla, paulatinamente su calidad va en detrimento hasta llegar al momento de descarte como desecho total. Normalmente esto ocurre después de siete u ocho veces de reciclaje. Por reciclaje de papel se entiende el proceso de recolectar papel y cartón ya usado, y transformarlos en nuevos papeles, mediante un proceso industrial que separa las fibras vegetales útiles, de las impurezas que posee el material ya utilizado. Básicamente consta de tres procesos principales: la preparación de la pulpa, la remoción de las impurezas, y la aplicación de productos químicos.

10.3.5 Reusos Artesanales: El papel es uno de los materiales que más reusos artesanales posee, en el país se emplea para manualidades didácticas, también para artesanías.



11. PET.

El Polietileno Tereftalato, más comúnmente denominado PET, es uno de los materiales de mayor demanda y consumo en la actualidad, empleado principalmente en la industria alimenticia para envasar bebidas, este ha sustituido casi por completo al vidrio. Se produce a partir del Ácido Tereftálico y Etilenglicol, por poli condensación; existiendo dos tipos: grado textil y grado botella. Para el grado botella se lo debe post condensar. El PET se usa extensivamente en la industria del empaque flexible y en la electrónica; posee buenas propiedades tensiles y de impacto, buena rigidez, se imprime bien y sobre todo presenta una muy buena barrera a los gases.

El polietileno tereftalato PET utilizado es una resina que se emplea para el moldeo por soplado y posee las propiedades siguientes: índice de fluidez, MFI, de 12.3 g/ 10min evaluado a 270°C y bajo un peso de 2.16 kg, viscosidad intrínseca de 0.81 dl/g, peso molecular promedio en número (Mn) de 14155 y peso molecular promedio (Mw) de 69039.

EL PET es un polímero que habitualmente se transforma mediante un proceso de inyección-estirado-soplado. Durante este proceso las moléculas del polímero se orientan en dos direcciones distintas. En el caso de los envases la orientación tiene lugar según una dirección longitudinal,





paralela al eje del envase, y según una dirección transversal al mismo; esta propiedad, es conocida como biorientación, la que confiere al PET una elevada resistencia mecánica, lo que unido a su transparencia, hace que resulte un material idóneo para el envasado de productos líquidos.

11.1 Volúmenes de Generación.

La principal fuente productora de estos desechos es la industria de las bebidas, generando el desecho con los envases que contiene los diferentes líquidos que se comercializan.

En El Salvador se carece de datos sobre los volúmenes generados de PET, como dato general se conoce que según la investigación denominada “Estudio sobre el Manejo de Residuos Sólidos para el Área Metropolitana de San Salvador en la República de El Salvador”, financiado por la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA) y ejecutado por la Universidad Don Bosco en noviembre de 2000, los desechos plásticos en general constituyen un 9.42% del total de desechos.

Como dato adicional se puede comentar que durante el año 2003 El Salvador importó 13,857 toneladas de materia prima para la fabricación de envases de PET, volumen que de acuerdo al tipo de uso en que es empleado se convierte en un índice de los desechos esperados.

11.2 Impactos Ambientales.

Luego que los envases para gaseosas, aceites, agua mineral, frascos varios (mayonesa, salsas, etc.), películas transparentes, fibras textiles, etc. son utilizados y concluye su vida útil, pasan a ser un residuo denominado comúnmente como PET; cuando el residuo es destinado, sin ningún control, directamente al medio ambiente luego de haber concluido su vida útil. Puede afectar a distintos medios de acuerdo a la naturaleza del residuo y de las condiciones de exposición. Presenta un período de degradación aproximado de 500 años.

Cuando estos desechos se queman en espacios abiertos de acuerdo a la composición del PET, como productos principales de combustión se tienen al Bióxido de Carbono y vapor de agua (CO_2 y H_2O respectivamente), cuando se considera de tipo completa, con un suministro de aire suficiente, pero el problema de una combustión a espacio abierto es la insuficiencia de aire por



cantidad de residuo lo que produce la formación de Monóxido de Carbono (CO). Así mismo materia sólida residual puede afectar a suelos y agua.

Aún cuando el PET no presenta solubilidad o descomposición a corto plazo tanto en el agua como en el suelo; este contribuye a la acumulación de otros contaminantes en el medio, así como ser un foco de crecimiento de microorganismos y plagas. En caso de entierro del residuo, éste obstruye la infiltración de agua al subsuelo o toda actividad natural en este ecosistema.

11.3 Potenciales Usos.

11.3.1 Uso como combustible: Los productos principales de la combustión completa del PET son vapor de agua y bióxido de carbono. Mientras que el último es un gas que contribuye al efecto invernadero, la cantidad formada durante la combustión del PET no es perceptiblemente diferente de la formada durante la combustión de cualquier combustible fósil, por otra parte, no se forma ningún otro gas invernadero². Por lo tanto, la sustitución de cualquier combustible convencional por el PET no aumenta la contribución al calentamiento global, y al mismo tiempo preserva recursos energéticos naturales.

El PET incinerado tiene un alto valor energético (23,260 kJ/kg), lo cual es comparable otros combustibles fósiles como: Carbón, hulla (23,860 kJ/kg), Fuelóleo (44,060 - 44,460 kJ/kg), LPG (49,510 kJ/kg).

Al estar compuesto únicamente por C, H y O su combustión es limpia y puede utilizarse eficazmente como sustituto de los combustibles fósiles en la producción de energía. Por tanto la valorización energética constituye una opción digna de tenerse en cuenta, ya que contribuye al ahorro de fuentes de energía no renovables.

La combustión del PET ofrece ventajas que merecen ser consideradas, una de esas que el PET no contiene halógenos, por lo tanto la formación de dioxinas no es químicamente posible. Ni el nitrógeno ni el azufre están presente en PET, lo cual propicia la no generación de SO₂ en la

² Haciendo referencia a la formación de SO_x y NO_x de los derivados del petróleo.



combustión: en cuanto a NO_x , no hay contribución directa del PET (solamente las cantidades formadas normalmente del nitrógeno atmosférico en cualquier proceso de la combustión).

Por lo tanto, la combustión del PET para la recuperación de energía no contribuye a la lluvia ácida: al contrario, tiene un efecto beneficioso, ya que la mayoría de los combustibles tradicionales contienen leves, pero significativas, cantidades de azufre y generan la SO_2 durante la combustión no se forma ninguna sustancia perjudicial para la capa de ozono, además la combustión del PET no genera gases tóxicos, cuando se quema en condiciones apropiadas.

11.3.2 Reciclaje: Existen dos formas una es el reciclaje mecánico donde una vez recolectado, los envases de PET van a las estaciones donde son molidos en forma de gránulos, estos son separados y limpiados de acuerdo con las especificaciones del mercado. El PET recuperado luego es vendido a los fabricantes quienes lo convierten en productos útiles. Alrededor de un 75% del PET recuperado se usa para hacer fibras de alfombras, ropa y geotextiles. La mayor parte del 25% remanente es extruido en hojas para termo formado, inyectado / soplado en envases para productos no alimenticios, o compuesto para aplicaciones de moldeo.

La otra forma de reciclaje es la química donde el PET es depolimerizado a través de metanólisis o glicólisis; dichos procesos someten al PET a una reacción química que lo reduce a sus monómeros o a sus materias primas originales.

El resultante luego es purificado o vuelto a reaccionar, dando un nuevo PET que puede usarse para envases de alimentos, etc. En algunos lugares, el PET reciclado es usado para envases de alimentos a través de su transformación en la lámina central de una estructura multilaminada.

11.3.3 Reusos: Los posibles reusos para los productos de PET, son muy variados; sin embargo constituyen solo una opción pequeña, ya que los reusos en ocasiones son individuales y rara vez a escala industrial salvo los reusos de algunos envases que a pesar de ser de PET, no son desechables; sino retornables, en este caso los envases regresan a la embotelladora para ser limpiados y vueltos a llenar. Este tipo de reuso solo puede ser empleado aproximadamente unas 20 veces o ciclos, además los envases deben ser más resistentes y más gruesos, para evitar problemas; esto incrementa la cantidad de PET por envase.



12. TEXTILES.

Todo material textil está constituido por fibras, las cuales son filamentos parecidos a un cabello, cuyo diámetro es muy pequeño con relación a su longitud; dependiendo de esto se puede clasificar en Hilazas que son fibras cortas, como el algodón, la lana, el acrílico, ó en Filamentos que son fibras continuas como la seda, el nylon, el acetato, entre otros. Sus propiedades (finura, longitud, resistencia, mezcla) contribuyen a mejorar el tacto, la textura y apariencia de las telas o productos elaborados. Pero además los textiles se pueden agrupar en Fibras naturales: vegetales (algodón, lino, yute, fique, etc.), animales (lana, seda, crin de caballo, pelos de vicuña, alpaca, camello, conejo), minerales (fibra de vidrio, asbesto, etc.), y en Hechas por el hombre: artificiales (que resultan de la modificación de las fibras naturales como el rayón, la viscosa, el acetato; llamadas fibras celulósicas), sintéticas (que se obtienen químicamente con productos derivados del petróleo como: acrílico, poliéster, nylon, spandex, polietileno, polipropileno, etc.).

El estudio de los textiles se vuelve complejo debido a la gran diversidad de los mismos; ya que cada fibra posee diferentes propiedades de acuerdo al uso para el que se destine así por ejemplo, una fibra resistente producirá telas durables, que pueden ser de peso ligero para





paracaídas, cortinas, vestuario; las fibras absorbentes son buenas para prendas que estén en contacto con la piel, para toallas y pañales; las fibras que extinguen la combustión por si solas, son convenientes en ropa de dormir para niños y en prendas protectoras; para analizar una tela y conocer su comportamiento, normalmente se empieza investigando de qué tipo de fibra esta compuesta.

12.1 Volúmenes de Generación.

El estudio realizado por The S.M. Group International Inc. En el año de 1997, estimó que los desechos de materiales textiles llegaban oscilaban entre un 3,5 a un 7,0% del total de desechos. El Estudio Sobre el Manejo Regional de Residuos Sólidos para el Área Metropolitana de San Salvador, realizado por Kokusai Kogyo en conjunto con la Universidad Don Bosco, realizado en el año 2000 reflejó que los desechos textiles se ubicaban en un 2.5% del total de desechos sólidos no peligrosos. Para el área urbana se estimo según SIGA un total de 672,556.3 ton anuales de residuos domésticos representado una cantidad de 16,813.9 ton anuales de textiles.

Este mismo estudio caracterizó los desechos del sector comercial en donde los restos textiles se estiman en un 5.2% es decir 34,972.92 ton. En el ramo institucional la generación es de un 1.1% de desechos textiles representando 7398.11 ton de textiles anuales.

12.2 Impactos Ambientales.

Los textiles presentan otro factor que se debe considerar, pues aunque la vida útil de una prenda de vestir es prolongada, la moda y el alto consumo dictan normas sobre cual ropa debe usarse y cual descartarse; este fenómeno agudiza la generación de desechos de origen textil. Cuando las fibras textiles se descargan al medio ambiente, el residuo es destinado, sin ningún control, en forma directa al medio ambiente luego de haber concluido su vida útil. Un desecho textil de fibra de algodón presenta un período de degradación de 2-3 meses; mientras que un textil de fibra artificial debido a sus materiales poliméricos (poliéster, polipropileno, poliuretano, etc.) puede degradarse hasta de 200-300 años.



La quema al aire libre de los desechos textiles puede traer serios problemas ambientales por emisiones atmosféricas de emisiones de monóxido de carbono, bióxido de carbono, COV's, NOx, partículas suspendidas, etc., principalmente provenientes de las fibras artificiales.

Aún cuando no presente solubilidad o descomposición a corto plazo, su descarga en aguas contribuye a la acumulación de otros contaminantes en el medio, así como ser un foco de proliferación de plagas.

12.3 Potenciales Usos.

12.3.1 Incineración con recuperación energética: Consiste en recuperar la energía térmica que se produce cuando los residuos combustibles se transforman en gases y residuos durante la combustión. La energía se recupera mediante el uso de intercambiadores de calor que extraen la energía de los gases calientes de la combustión. Los residuos textiles contienen energía que puede ser aprovechable mediante su combustión.

12.3.2 Reusos Artesanales: Aunque las iniciativas encaminadas al reuso artesanal son pobres y no poseen una buena cobertura nacional, no deben descartarse tan rápidamente, sobre todo por que la cantidad de artesanías que se pueden confeccionar son muy variadas y ante todo el reuso no conlleva pasos intermedios y por lo tanto no se generan otros desechos.



13. VIDRIO.

El vidrio es un silicato que funde a 1200 grados centígrados, la materia prima fundamental para la elaboración del vidrio es el sílice, presente en la arena o en el cuarzo, al cual se agregan diferentes proporciones de carbonato de sodio y carbonato de calcio. El sílice rara vez se encuentra en estado puro, ya que lo más común es que aparezca combinado con otras sustancias que son útiles para la cristalización, como los sulfatos de hierro y de cobre, los óxidos de plomo y estaño, e incluso diversas sales.

Desde el punto de vista de su aplicabilidad, el vidrio puede clasificarse en dos categorías: A) Vidrio Industrial; B) Vidrio Doméstico.

A) Vidrio Industrial: Se entiende como vidrio industrial el que no es utilizado como envase para productos alimenticios. (Ejemplos: almacenamiento de productos químicos, biológicos, vidrio plano: ventanas, cristales blindados, fibra óptica, bombillas, etc).



B) Vidrio Doméstico: Se entiende como vidrio doméstico el que se emplea para almacenar productos alimenticios (conservas, cervezas, gaseosas, vinos, etc); aunque de una manera más generalizada, es el vidrio que el ciudadano común adquiere en bebidas y alimentos.

Sin embargo en algunas clasificaciones se parte del color del vidrio, para su separación en los tres colores básicos en los que suele clasificarse el vidrio estos son; el verde utilizado en proporciones masivas para botellas de vino, cava, licores y cerveza; el color marrón cuyos usos generalmente son envases de cerveza y algunas botellas de laboratorio; el vidrio blanco que se emplea en la fabricación de botellas para bebidas gaseosas, zumos y alimentación en general y finalmente el virio extraclaro esencialmente usado para aguas minerales, tarros y botellas de decoración.

La utilización del vidrio continua siendo masiva, por lo tanto la generación de desechos de los mismos se mantiene en la misma escala, sin embargo a pesar de ser un desecho 100% reciclable en El Salvador no existe un esfuerzo debidamente estructurado para su recolección total y el vidrio se desecha junto a otros restos.

13.1 Volúmenes de Generación.

Considerando la información ofrecida por El Estudio Sobre el Manejo Regional de los Residuos Sólidos para el Área Metropolitana de San Salvador, financiado por la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA) y ejecutado por la Universidad Don Bosco en noviembre de 2000 se obtiene un valor porcentual promedio del 3.15% de vidrio, pero además en cuanto a desechos industriales respecta, del sector comercio sin incluir restaurantes representa un 0.3%; Para los restaurantes alcanza un 2.4% del volumen total de sus desechos, mientras que para las instituciones alcanza un 4.6% del total de desechos generados.

13.2 Impactos Ambientales.

Los desechos de vidrio son materiales peligrosos pues por su misma naturaleza frágil tiende a fragmentarse, convirtiéndose en múltiples partes provistas de aristas cortantes que al ser





manipuladas incorrectamente o sin las medidas de precaución debidas puede causar graves lesiones; además de los daños ambientales que puede generar; pues se calcula que una botella de vidrio tarda al rededor de 100,000 años en degradarse.³

Esta etapa se refiere cuando el residuo es destinado, sin ningún control, en forma directa al medio ambiente luego de haber concluido su vida útil. Puede afectar a distintos medios de acuerdo a su naturaleza y de las condiciones de exposición. No presenta emisiones dentro de un periodo de tiempo prolongado pues tarda en degradarse, aunque es frágil porque con una simple caída puede quebrarse, para los componentes naturales del suelo es una tarea titánica transformarla. Aunque si puede servir de medio para proliferar plagas de mosquitos y epidemias, por tanto daño causado al medio ambiente radica en el contenido que puede acumular en su interior (refiriéndose a una botella de vidrio).

13.3 Potenciales Usos.

13.3.1 Reciclaje: Formada por arena y carbonato de sodio y calcio, es reciclable en un 100% y sin disminución de la cantidad ni alteración de la calidad ya que no pierde ninguna de sus propiedades.

El reciclaje del vidrio contribuye a la protección del medio ambiente de varios modos. En primer lugar, porque se limitan las extracciones de materias primeras, y en segundo lugar, porque fundir vidrio para volver a utilizarlo consume menos energía que fundir materias primas. Por último, los embalajes de vidrio son reciclados. El vidrio recolectado selectivamente es trasladado a los centros de tratamiento, luego el vidrio recuperado, tras haber eliminado sus impurezas es seleccionado, lavado, triturado y transformado en polvo de vidrio, para después mezclarlo con materias primas es fundido en hornos para formar una nueva botella o producto de vidrio.

En el reciclaje del vidrio se utiliza como materia prima la calcina o vidrio desecho. Su fusión se consigue a temperaturas mucho más reducidas que las de fusión de minerales, por tanto, se ahorra energía.

³ Fuente: www.recicla vidrio.com



13.3.2 Reuso: Existen envases de vidrio retornable que, después de un proceso adecuado de lavado, pueden ser utilizados nuevamente con el mismo fin. Una botella de vidrio puede ser reutilizada entre 40 y 60 veces, con un gasto energético del 5% respecto al reciclaje y ahorra 20 veces más energía respecto a su fabricación, y son en su mayoría para productos de uso frecuente. Esta es la mejor opción.

13.3.3 Material para la construcción: Una opción para los restos de vidrio sería la fabricación de productos para la industria de la construcción que contengan vidrio triturado en determinado porcentaje, los que se combinarían con materiales tradicionales como por ejemplo arena, cemento portland, cal, pedregullo, derivados de hidrocarburos, etcétera.

13.3.4 Relleno sanitario: La disposición del vidrio en rellenos sanitarios no produce ninguna emisión al aire ni lixiviados al agua, por el contrario, una botella de vidrio ocupará un volumen determinado en el relleno, además de acumular contaminantes en su interior obstruye la infiltración de lixiviados. El vidrio es un material valioso como para desecharlo de esta forma, ya que reciclable y reutilizable.



14. ACEITES Y GRASAS VEGETALES.

Las grasas alimentarias incluyen todos los lípidos de los tejidos vegetales y animales que se ingieren como alimentos. Las grasas (sólidas) o aceites (líquidos) más frecuentes son una mezcla de triacilglicéridos (triglicéridos) con cantidades menores de otros lípidos. Los ácidos grasos presentes en varias moléculas de lípidos constituyen la parte con mayor interés nutritivo.

Los ácidos grasos más abundantes presentan cadenas lineales con un número par de átomos de carbono. Existe un amplio espectro de longitudes de cadena, que varían entre un ácido graso de la leche con cuatro átomos de carbono, y los ácidos grasos de algunos aceites de pescado, con 30 átomos de carbono.



14.1 Volúmenes de Generación.

Los Aceites y grasas vegetales, son usados por la gran mayoría de la población para la preparación de alimentos incluyendo además a la industria alimenticia, tal como panaderías, restaurantes, sector informal, etc. ya que este es un rubro económicamente rentable, y que satisfacen las necesidades demandantes de la población, prácticamente consumista.

A simple vista la proliferación de restaurantes de comida rápida y del sector alimenticio en general juega un papel importante, ya sea para sufragar las necesidades de la población, así como también una fuente de empleo a los involucrados en este sector.

El desecho de Aceites y Grasas Vegetales en El Salvador es generado por sectores de la industria alimentaria, los comercios y por supuesto, los diversos domicilios del país. Definir la cantidad de Aceites y Grasas Vegetales que es generado como residuo no se cuenta con un historial de identificación de manera separada del resto de desechos, sin embargo, a partir de los datos de importación se tiene una aproximación de la cantidad de material de este tipo que ingresa a El Salvador. Para el 2003 se contabilizó 146,580⁴ toneladas de grasas y aceites vegetales, cuya principal receptora fue la industria local. De acuerdo a este dato se estima que un 20% de los mismos se convierte en desechos, teniendo entonces un total aproximado de 29,316.0039 ton de desechos de Grasas y Aceites Vegetales.

14.2 Impactos Ambientales.

Una vez los aceites y grasas han sido utilizados, en El Salvador, la forma en que los residuos son desechados, es arrojándolos a alcantarillas de la red de acueductos existentes o bien en botaderos a cielo abierto, o entregándola al camión recolector para su posterior disposición en el relleno sanitario. Puede, en algunos casos, ser descargada en desagües de aguas lluvias, aunque no es un caso común. En la actualidad en el ámbito nacional, no se cuenta con un registro a nivel industrial ni domiciliar, que permita conocer el volumen total generado, ya que como se menciono anteriormente el desecho es tirado a alcantarillas o recolectados por el tren de aseo.

⁴ Datos de importación del Ministerio de Hacienda. Marzo 2004



Los problemas ambientales asociados al desecho aceites y grasas vegetales están relacionados a residuos líquidos y sólidos. Los desechos generados se caracterizan por un alto contenido de sólidos suspendidos además de contaminantes como la DBO_5 que normalmente es bastante elevada.

El efluente líquido presenta como principales contaminantes aceites y grasas; sólidos suspendidos; DQO; DBO y conductividad. La DBO_5 está normalmente ligada a los aceites y grasas y sólidos suspendidos, por lo tanto al remover éstos, los valores de DBO_5 se reducen en un altísimo porcentaje. La DBO_5 también puede verse afectada por el contenido de jabones y gomas, siendo estas últimas muy comunes cuando se utiliza aceite de soya.

La DQO en aguas residuales con el desecho Aceite y Grasas Vegetales equivale aproximadamente a 1,5 veces la DBO_5 . Los valores medios de DBO_5 en industria aceitera fluctúan entre 2,000 y 30,000 mg/lit. (www.sofofa.cl)

Durante el proceso de degradación de los desechos de aceites y grasas vegetales perjudican el medio ambiente por su demanda de oxígeno y por su capacidad de formar emulsiones acuosas. Los diversos constituyentes de partículas grasas y películas de aceite pueden dispersarse sobre una extensa superficie. Otorgan un aspecto estético desagradable y disminuyen el paso de luz hacia la fase acuosa, formando una capa aceitosa que no permite la oxigenación del agua y puede provocar la muerte de algunas especies. Además por su naturaleza orgánica, representan un nutriente para el crecimiento de microorganismos.

Cuando los aceites y grasas se descomponen, emiten un desagradable olor a ranciedad, que son el resultado de los cambios químicos ocasionados por acción del oxígeno, y en algunos casos son causados por acción de enzimas formadas por hongos con las grasas han sido inoculadas. Los productos formados como resultado de esta descomposición de las grasas, consiste en una mezcla de aldehídos, cetonas, lactonas, oxi e hidroxí ácidos, y otros ácidos de bajo peso molecular que están originalmente presentes tal como alcoholes, bióxido de carbono y humedad. La auto oxidación es la primera causa de la ranciedad, donde la primera etapa de la oxidación espontánea de las grasas es la formación de peróxidos de los enlaces de ácidos insaturados.



Cuando el residuo es destinado, sin ningún control, en forma directa al medio ambiente luego de haber concluido su vida útil. Los aceites y grasas vegetales son en su inmensa mayoría *toxicológicamente inofensivos y se degradan biológicamente* en la naturaleza, sin intervención humana. Durante su degradación emiten algunos de sus principales constituyentes, generalmente todos insolubles en agua y flotan en la superficie formando una capa, dentro de los cuales están:

Materia in saponificable: incluye la suma de todos los componentes que son estables ante medios básicos, insolubles en agua y solubles en solventes grasos, y no volátiles a 100 °C. Que pueden consistir en materiales tales como, por ejemplo, esteroides, hidrocarburos y alcoholes, así como constituyentes no grasos como aceites minerales.

Ácidos grasos: El total de ácidos grasos tales como aquellos que pueden ser liberados de los enlaces de los ésteres. Estos consisten usualmente de ácidos grasos normales mezclados a veces con derivados de ácidos grasos oxidados o polimerizados, y en algunos casos de resinas de ácidos.

Glicerol: El glicerol en las grasas está presente en un estado combinado, usualmente en forma de triglicéridos. Algunas grasas naturales contienen cantidades considerables de glicéridos parciales, por ejemplo, mono- y di- glicéridos. El glicerol libre no se encuentra en grasas naturales, pero puede estar presente en algunas emulsiones u otros productos especiales.

Fosfolípidos: El fósforo contenido en lípidos, consiste principalmente de lecitinas, cefalinas, y compuestos similares, que pueden encontrarse en muchas grasas.

Glicéridos parciales: Mono- y di- glicéridos no se forman en grasas naturales o están presentes sólo en muy pequeñas cantidades. Cantidades mayores se encuentran en grasas que han sido alteradas por hidrólisis y muestran un correspondiente ion libre de contenido de ácidos grasos. Por esterificación de ácidos grasos con glicerol o por glicerólisis de grasas, los productos pueden ser obtenidos con un contenido considerable de mono- y di- glicéridos en comparación de triglicéridos, y son utilizados principalmente como emulsificantes.



Constituyentes volátiles: Todos los constituyentes que son volátiles por debajo de 105 °C, se clasifican como tales. Los cuales pueden consistir de agua, solventes orgánicos, ácidos grasos de bajo peso molecular y ocasionalmente de ácidos etéreos.

Otros constituyentes: También pueden encontrarse otros constituyentes en menores proporciones como: sustancias minerales, ácidos minerales e impurezas insolubles.

14.3 Valorización dentro del esquema de Gestión de residuos.

14.3.1 Biodiesel. Ésteres monoalquílicos de ácidos grasos de cadena larga derivados de lípidos renovables tales como aceites vegetales y que se emplea en los motores de ignición de compresión (motores diesel) o en calderas de calefacción. (Definición de American Standards for Testing and Materials, ASTM)

El Biodiesel es un combustible sustituto del gas-oil para motores diesel, el cual puede ser producido partiendo de materias primas agrícolas (aceites vegetales y/o grasas animales) y metanol (el cual también puede ser producido a partir de residuos de la agricultura).

El Biodiesel posee las mismas propiedades del combustible diesel empleado como combustible para automóviles, camiones, ómnibus y puede ser mezclado en cualquier proporción con el diesel obtenido de la refinación del petróleo.

14.3.2 Elaboración de Jabón Artesanal e Industrial. Para la elaboración de jabón, es necesario tomar mecanismos que permitan la recolección de aceites y grasas remanentes de los procesos de producción del sector alimenticio. Una actividad útil para poder reutilizar la grasa remanente, es contar con el apoyo de la industria, para poder elaborar un plan de recolección de la materia prima (Grasa remanente).

Entre las ventajas que se observarían de dicho plan, sería la disminución de residuos sólidos en el sector de la industria alimenticia, ya que es normal que en una panadería cada tres días se requiera limpiar las trampas de grasas, la cual posteriormente es desechada nuevamente al



alcantarillado o dada al camión recolector; esto ayudaría a bajar la tasa de recolección municipal de desechos sólidos.

Otra Ventaja encontrada sería en el aspecto de calidad de agua residuales, ya que como se mencionó es normal que una vez las trampas de grasa son limpiadas, el desecho es vuelto a tirar al alcantarillo, lo cual neutraliza la función por la cual la trampa fue instalada. La disminución de aceites y grasas del agua junto con sólidos totales y disueltos, ayudarían a bajar el DBO, que es una de los principales contaminantes en este tipo de agua residual además de que las empresas participantes de dicho plan, logre implementar una gestión ambiental más efectiva, ya que estaría disminuyendo los impactos ambientales que podrían estar asociados con la industria.



15. POLIPROPILENO.

El Polipropileno (PP) es un termoplástico comercial que se obtiene por polimerización del propileno, semicristalino, blanco semiopaco elaborado en una amplia variedad de calidades y modificaciones. Es una poliolefina lineal que puede compararse en varios modos con el polietileno de alta densidad y de fabricación similar. Los copolímeros se forman agregando Etileno durante el proceso. El PP es el termoplástico de más baja densidad. Es un plástico de elevada rigidez, alta cristalinidad, elevado punto de fusión y excelente resistencia química. Al adicionarle distintas cargas (talco, caucho, fibra de vidrio, etc.) se potencian sus propiedades hasta transformarlo en un polímero de ingeniería. El Polipropileno es transformado en la industria por los procesos de inyección, soplado, extrusión y termoformado.

Las características fundamentales que han contribuido al rápido crecimiento y amplia aceptación del PP son:

- Óptima relación entre rigidez y peso específico, lo que permite el diseño de piezas adecuadamente resistentes con un mínimo requerimiento de material.





- Alta transparencia y brillo que lo hace especialmente apto para aplicaciones de packaging, ya sea rígido o flexible.
- Alta resistencia química, lo cual anula la posibilidad de contaminación de las sustancias en contacto con la pieza.
- Resistencia a altas temperaturas, permitiendo el llenado en caliente para el caso de envases.
- Aptitud de ser compuesto con otras sustancias (cargas minerales, fibra de vidrio, etcétera) lo que le confiere propiedades competitivas con materiales más costosos.
- Propiedades de barrera, lo que genera mayor protección en el envasamiento de alimentos, sobre todo en el caso del film biorientado.
- 100% valorizable.

La densidad del polipropileno, esta comprendida entre 0.90 y 0.93 gr/cm³. Por ser tan baja permite la fabricación de productos ligeros. Es un material más rígido que la mayoría de los termoplásticos. Una carga de 25.5 kg/cm², aplicada durante 24 horas no produce deformación apreciable a temperatura ambiente y resiste hasta los 70 °C. Posee una gran capacidad de recuperación elástica. Tiene una excelente compatibilidad con el medio. Es un material fácil de reciclar. Posee alta resistencia al impacto.

Además, el polipropileno puede utilizarse en calidad de material para elementos deslizantes no lubricados, tiene buena resistencia superficial, una buena resistencia química a la humedad y al calor sin deformarse y una buena dureza superficial y estabilidad dimensional.

El polipropileno es el tercer plástico más importante desde el punto de vista de las ventas y es uno de los de más bajo costo, puesto que pueden sinterizarse de materiales petroquímicos que a su vez son más económicos. Es un material parcialmente cristalino, con una cristalinidad del 65% aproximadamente y con una entalpía, en estado fluido de unos 110j/g. Tiene un buen equilibrio de propiedades interesantes para producir muchos productos manufacturados, no se oxida, ni se deteriora, reduce la permeabilidad, tiene alta resistencia a los ambientes alcalinos y ácidos, posee buena tenacidad. Por todo esto, el polipropileno es considerado uno de los plásticos más competitivos hoy en día.



15.1 Volúmenes de Generación.

La principal fuente productora de estos desechos es la industria manufacturera, generando el desecho con los artefactos, accesorios y recipientes que contiene los diferentes productos que se comercializan.

En El Salvador se carece de datos sobre los volúmenes generados del PEAD y del PEBD, como dato general se conoce que según la investigación denominada “Estudio sobre el Manejo de Residuos Sólidos para el Área Metropolitana de San Salvador en la República de El Salvador”, financiado por la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA) y ejecutado por la Universidad Don Bosco en noviembre de 2000, los desechos plásticos en general constituyen un 9.42% del total de desechos.

Como dato adicional se puede comentar que durante el año 2003 El Salvador importó 35,015 toneladas de polímeros de etileno en forma primaria, cuyo costo (CIF) osciló en \$30,844,792 cuya principal receptora fue la industria local.



15.2 Impactos Ambientales.

La combinación resultante entre el alto volumen de generación de los plásticos de polipropileno y la composición química de éstos, que prácticamente imposibilita su biodegradación, representa un impacto para la salud y el medioambiente de El Salvador. Muchas de las ventajas de los productos plásticos se convierten en una desventaja en el momento que desechamos, ya sea el envase porque es descartable o bien cuando tiramos objetos de plástico porque se nos han roto.

La estructura molecular del plástico lo convierte en un elemento altamente resistente al paso del tiempo y a su degradación natural. La quema incontrolada de estos residuos produce efectos contaminantes principalmente por emanaciones de monóxido de carbono que es un gas incoloro, inodoro, de menor densidad que el aire, inflamable, tóxico y muy estable (vida media en la atmósfera: 2-4 meses). Como producto intermedio de la combustión incompleta, siendo máxima su emisión cuando se utilizan mezclas pobres de O_2 o debido a una quema incontrolada a espacio abierto. Es parte de los responsables del efecto invernadero y de los principales contaminantes del aire de las ciudades. Debido a su alta resistencia a medios externos, puede acumular otros contaminantes en su interior (un envase, una bolsa, un contenedor, etc), los cuales permanecerán en su interior por largo tiempo. Así mismo, cuando es tirado a ríos o lagos, puede ser agente de proliferación de plagas, acumulando agua en su interior u otro sustrato.

Si bien los plásticos podrían ser reutilizados o reciclados en su gran mayoría, lo cierto es que hoy estos desechos son un problema de difícil solución, fundamentalmente en las grandes ciudades. Es realmente una tarea costosa y compleja para los municipios encargados de la recolección y disposición final de los residuos ya que, por ejemplo, a la cantidad de envases se le debe sumar el volumen que representan.

15.3 Potenciales Usos.

Cuando hablamos de Potenciales Usos del Desecho, nos referimos a la **valorización** de los residuos plásticos, una estrategia integral de tratamiento que abarca diferentes procesos, todos ellos conducentes a preservar la materia prima para que su destino final no sea un relleno sanitario. Los residuos plásticos de Polipropileno pueden incorporarse dentro de este esquema de gestión integral de residuos, de la forma que será detallada a continuación:





15.3.1 Reciclado Mecánico: Es un proceso físico mediante el cual el plástico post-consumo o el industrial (scrap) es recuperado, permitiendo su posterior utilización. Es importante tener en cuenta que el reciclado mecánico puede producir un deterioro en las propiedades originales del plástico, razón por la cual debe ser reciclado solamente un determinado número de veces, o hacer mezclas con materiales vírgenes. El proceso físico permite su posterior utilización como autopartes, alfombras, textiles, películas, tablas de plástico, muebles de jardín, pilotes, postes vallas y maderas plásticas.

15.3.2 El Reciclado Químico: Es un grupo de tecnologías que emplea varios procesos para convertir mezclas de plásticos en materias básicas de petróleo o materias primas que pueden ser utilizadas en refinerías e instalaciones petroquímicas para fabricar nuevos productos. Estas tecnologías amplían y desarrollan los sistemas mecánicos ya existentes, mediante un nuevo enfoque integrado dirigido a reciclar más volumen de plásticos post-consumo provenientes de desperdicios, ampliando también la variedad de productos reciclados al incorporar nuevos diseños, aumentando de esta manera los beneficios de la comercialización del producto final reciclado.

Algunos métodos de reciclado químico ofrecen la enorme ventaja de que no requieren de una separación por tipo de resina plástica. Es decir, que pueden tomar residuos plásticos mixtos, como se verá más adelante, reduciendo así los costos de recolección y clasificación, pero a la vez produciendo productos finales de alta calidad.

15.3.3 Incineración con Recuperación Energética: Consiste en recuperar la energía térmica que se produce cuando los combustibles se transforman en gases y residuos durante la combustión. La energía se recupera mediante el uso de intercambiadores de calor que extraen la energía de los gases calientes de la combustión. Recordemos que los Residuos Plásticos no son otra cosa que HIDROCARBUROS, pues son derivados del petróleo o del gas natural. Un plástico, como por ejemplo un caño, puede tener una vida útil de 70 años antes de transformarse en un residuo. Entonces al cabo de su vida los residuos plásticos podrán aportar un beneficio extra: brindar electricidad y/o calor a partir de su incineración



16. POLIETILENO ALTA Y BAJA DENSIDAD.

Los Polietilenos son una familia de termoplásticos comerciales muy similares fabricados en cantidades industriales y en calidades muy variadas. Suelen diferenciarse por su densidad (una buena medida de la cristalinidad), pero desde un punto de vista científico la mejor distinción es el grado de ramificación de las cadenas. Los Polietilenos se producen a partir del ETILENO que es un derivado del Petróleo o del Gas Natural. El Etileno es un gas que es sometido en un reactor a un proceso de polimerización, es decir la formación de largas cadenas que conforman la estructura del Plástico.

Existen distintas variedades del polietileno dependiendo de su aplicación final. Pero dos son las formas más conocidas en el mundo: el Polietileno de Alta Densidad (PEAD) y el Polietileno de Baja Densidad (PEBD) –del cual se producen dos tipos: PEBD Convencional y PEBD Lineal-.

El PEBD es un termoplástico comercial, semicristalino (un 50% típicamente), blanquecino, blando, flexible y tenaz - incluso a temperaturas bajas - con excelentes propiedades eléctricas pero





una resistencia a las temperaturas débil. Su resistencia química también es muy buena pero es propenso al agrietamiento bajo carga ambiental, su resistencia a los rayos UV es mediocre y tiene propiedades de protección débiles, salvo con el agua.

El PEAD es un Termoplástico comercial semicristalino (un 70-80% típicamente) blanquecino, semiopaco con propiedades similares a las del PEBD pero mucho más sólido y rígido con una resistencia química superior. Su resistencia al impacto es bastante alta y se mantiene a temperaturas bajas, aunque la del PEBD es mucho más alta. Sus propiedades eléctricas, particularmente en frecuencias elevadas son muy buenas pero las del PEBD son aún mejores. Sus propiedades de protección, aunque indiferentes, son mejores que las del PEBD.

Las distintas variedades del polietileno presentan las siguientes características:

- Versátil (permite múltiples aplicaciones).
- Excelente aislante eléctrico.
- Transparente, opaco o colores atractivos.
- Resistente a las bajas temperaturas.
- Inerte a los ataques de productos químicos.
- Higiénicos y seguros.
- Excelente barrera a la humedad.
- Económico.
- 100 % valorizable.

A continuación se presentan las principales aplicaciones del PEAD y del PEBD:

PEAD	PEBD
Película Termocontraíble	Caños
Envasamiento automático	Envases soplados, botellas
Bolsas industriales	Bidones
Film para Agro	Contenedores Industriales
Bolsas de Uso General	Cajones
Cables eléctricos	Bolsas supermercado

Algunas ventajas y beneficios del PEAD y del PEBD son que no son tóxicos, son flexibles, livianos, transparentes, inertes al contenido, impermeables y económicos.



16.1 Volúmenes de Generación.

La principal fuente productora de estos desechos es la industria manufacturera, generando el desecho con las bolsas, envases, accesorios y recipientes que contiene los diferentes productos que se comercializan.

En El Salvador se carece de datos sobre los volúmenes generados del PEAD y del PEBD, como dato general se conoce que según la investigación denominada “Estudio sobre el Manejo de Residuos Sólidos para el Área Metropolitana de San Salvador en la República de El Salvador”, financiado por la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA) y ejecutado por la Universidad Don Bosco en noviembre de 2000, los desechos plásticos en general constituyen un 9.42% del total de desechos.

Como dato adicional se puede comentar que durante el año 2003 El Salvador importó 35,015.30 toneladas de materia prima para la fabricación productos de PEAD y de PEBD, volumen que de acuerdo al tipo de uso en que es empleado se convierte en un índice de los desechos esperados.



16.2 Impactos Ambientales.

La combinación resultante entre el alto volumen de generación de los plásticos de polietileno y la composición química de éstos, que prácticamente imposibilita su biodegradación, representa un impacto para la salud y el medioambiente de El Salvador. Muchas de las ventajas de los productos plásticos se convierten en una desventaja en el momento que deseamos ya sea el envase porque es descartable o bien cuando tiramos objetos de plástico porque se han roto.

La estructura molecular del plástico lo convierte en un elemento altamente resistente al paso del tiempo y a su degradación natural. La quema incontrolada de estos residuos produce efectos contaminantes principalmente por emanaciones de monóxido de carbono que es un gas incoloro, inodoro, de menor densidad que el aire, inflamable, tóxico y muy estable (vida media en la atmósfera: 2-4 meses). Como producto intermedio de la combustión incompleta, siendo máxima su emisión cuando se utilizan mezclas pobres de O_2 o debido a una quema incontrolada a espacio abierto. Es parte de los responsables del efecto invernadero y de los principales contaminantes del aire de las ciudades.

Debido a su alta resistencia a medios externos, puede acumular otros contaminantes en su interior (un envase, una bolsa, un contenedor, etc.), los cuales permanecerán en su interior por largo tiempo. Así mismo, cuando es tirado a ríos o lagos, puede ser agente de proliferación de plagas, acumulando agua en su interior u otro sustrato.

Si bien los plásticos podrían ser reutilizados o reciclados en su gran mayoría, lo cierto es que hoy estos desechos son un problema de difícil solución, fundamentalmente en las grandes ciudades. Es realmente una tarea costosa y compleja para los municipios encargados de la recolección y disposición final de los residuos ya que, por ejemplo, a la cantidad de envases se le debe sumar el volumen que representan.



16.3 Potenciales Usos.

Cuando hablamos de Potenciales Usos del Desecho, nos referimos a la **valorización** de los residuos plásticos, una estrategia integral de tratamiento que abarca diferentes procesos, todos ellos conducentes a preservar la materia prima para que su destino final no sea un relleno sanitario. Los residuos plásticos de Poliestireno pueden incorporarse dentro de este esquema de gestión integral de residuos, de la forma que será detallada a continuación:

16.3.1 Reciclado Mecánico: Es un proceso físico mediante el cual el plástico post-consumo o el industrial (scrap) es recuperado, permitiendo su posterior utilización, tal y como lo muestra el cuadro siguiente:

PEAD	Canastos, tuberías, bolsas, botellas de detergente, recipientes de aceite para auto, amarres para muelles, envolturas protectoras, bolsas, etc.
PEBD	Bolsas para recortes de césped y basura, películas, toallas descartables, protectores de plástico para camiones y productos plásticos mezclados.

16.3.2 Reciclado Químico: Es un grupo de tecnologías de reciclado que emplea varios procesos para convertir mezclas de plásticos en materias básicas de petróleo o materias primas que pueden ser utilizadas en refinerías e instalaciones petroquímicas para fabricar nuevos productos. Estas tecnologías amplían y desarrollan los sistemas mecánicos ya existentes, mediante un nuevo enfoque integrado dirigido a reciclar más volumen de plásticos post-consumo provenientes de desperdicios, ampliando también la variedad de productos reciclados al incorporar nuevos diseños, aumentando de esta manera los beneficios de la comercialización del producto final reciclado.

Algunos métodos de reciclado químico ofrecen la enorme ventaja de que no requieren de una separación por tipo de resina plástica. Es decir, que pueden tomar residuos plásticos mixtos,



como se verá más adelante, reduciendo así los costos de recolección y clasificación, pero a la vez produciendo productos finales de alta calidad.

16.3.3 Incineración con Recuperación Energética: Consiste en recuperar la energía térmica que se produce cuando los combustibles se transforman en gases y residuos durante la combustión. La energía se recupera mediante el uso de intercambiadores de calor que extraen la energía de los gases calientes de la combustión. Recordemos que los Residuos Plásticos no son otra cosa que HIDROCARBUROS, pues son derivados del petróleo o del gas natural. Un plástico, como por ejemplo un caño, puede tener una vida útil de 70 años antes de transformarse en un residuo. Entonces al cabo de su vida los residuos plásticos podrán aportar un beneficio extra: brindar electricidad y/o calor a partir de su incineración.



17. POLIESTIRENO

El Poliestireno (PS), es un termoplástico comercial amorfo, transparente e incoloro, rígido, relativamente duro y quebradizo. Tiene buenas propiedades eléctricas, una excelente resistencia a la radiación gamma y puede ser esterilizado por rayos X, sin embargo su resistencia química y a los rayos UV es débil. Como la gran mayoría de los polímeros termoplásticos, es un derivado de los hidrocarburos (petróleo crudo o gas natural). Primero se produce el monómero de estireno a partir del benceno y del etileno. El monómero de estireno es posteriormente polimerizado para obtener el Poliestireno. Actualmente, casi todo el Poliestireno que se produce se fabrica por medio de procesos de polimerización en masa continua.

Existen dos tipos principales de Poliestireno:

POLIESTIRENO CRISTAL: Llamados Poliestirenos de uso general o GPPS, que son transparentes y rígidos.

POLIESTIRENOS DE ALTO IMPACTO: HIPS, que por tener partículas de caucho ocluidas, son translúcidos y resistentes al impacto.



El Poliestireno, en ambas clases, presenta una serie de características excepcionales es liviano y resistente al agua, y puede ser un excelente aislante térmico y eléctrico; su óptima estabilidad dimensional, dureza y rigidez son algunas de las razones por las que este material es habitualmente elegido para envases de alimentos, ya que permite conservarlos frescos y con muy buen aspecto por más tiempo y disminuir el uso de conservantes. Posee alto grado de procesabilidad en transformación por moldeo, extrusión, termoformado y soplado. La gran variedad de grados que existen, lo hacen un material muy versátil, apto para una amplia gama de aplicaciones. Se fabrica en diferentes y atractivos colores, transparentes u opacos.

17.1 Volúmenes de Generación.

La principal fuente productora de estos desechos es la industria de manufacturera y de alimentos, generando el desecho con los envases que contiene los diferentes líquidos que se comercializan.

En El Salvador se carece de datos sobre los volúmenes generados de PS, como dato general se conoce que según la investigación denominada “Estudio sobre el Manejo de Residuos Sólidos para el Área Metropolitana de San Salvador en la República de El Salvador”, financiado por la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA) y ejecutado por la Universidad Don Bosco en noviembre de 2000, los desechos plásticos en general constituyen un 9.42% del total de desechos.

Como dato adicional se puede comentar que durante el año 2003 El Salvador importó 35015 toneladas de materia prima para la fabricación de productos de PS cuyo costo (CIF) oscilo en \$30,844,792; volumen que de acuerdo al tipo de uso en que es empleado se convierte en un índice de los desechos esperados.

17.2 Impactos Ambientales:

La combinación resultante entre el alto volumen de generación de los plásticos de Poliestireno y la composición química de éstos, que prácticamente imposibilita su biodegradación, representa un impacto para la salud y el medioambiente de El Salvador.



La estructura molecular del plástico lo convierte en un elemento altamente resistente al paso del tiempo y a su degradación natural. La quema incontrolada de estos residuos produce efectos contaminantes principalmente por emanaciones de monóxido de carbono que es un gas incoloro, inodoro, de menor densidad que el aire, inflamable, tóxico y muy estable (vida media en la atmósfera: 2-4 meses). Como producto intermedio de la combustión incompleta, siendo máxima su emisión cuando se utilizan mezclas pobres de O₂ o debido a una quema incontrolada a espacio abierto. Es parte de los responsables del efecto invernadero y de los principales contaminantes del aire de las ciudades.

Debido a su alta resistencia a medios externos, puede acumular otros contaminantes en su interior (un envase, una bolsa, un contenedor, etc.), los cuales permanecerán en su interior por largo tiempo. Así mismo, cuando es tirado a ríos o lagos, puede ser agente de proliferación de plagas, acumulando agua en su interior u otro sustrato. Presenta un período de degradación aproximado de 500 años.

Cuando estos desechos se queman en espacios abiertos de acuerdo a la composición del PET, como productos principales de combustión se tienen al Bióxido de Carbono y vapor de agua (CO₂ y H₂O respectivamente), cuando se considera de tipo completa, con un suministro de aire suficiente, pero el problema de una combustión a espacio abierto es la insuficiencia de aire por cantidad de residuo lo que produce la formación de Monóxido de Carbono (CO). Así mismo materia sólida residual puede afectar a suelos y agua.

17.3 Potenciales Usos.

Cuando hablamos de Potenciales Usos del Desecho, nos referimos a la **valorización** de los residuos plásticos, una estrategia integral de tratamiento que abarca diferentes procesos, todos ellos conducentes a preservar la materia prima para que su destino final no sea un relleno sanitario. Los residuos plásticos de Poliestireno pueden incorporarse dentro de este esquema de gestión integral de residuos, de la forma que será detallada a continuación:

17.3.1 Reciclado Mecánico: Es un proceso físico mediante el cual el plástico post-consumo o el industrial (scrap) es recuperado, permitiendo su posterior utilización como accesorios para



oficina, videocasetes y estuches, paneles de aislamiento, bandejas, recipientes de basura, juguetes y productos moldeados por inyección.

17.3.2 El Reciclado Químico: Es un grupo de tecnologías de reciclado que emplea varios procesos para convertir mezclas de plásticos en materias básicas de petróleo o materias primas que pueden ser utilizadas en refinerías e instalaciones petroquímicas para fabricar nuevos productos. Estas tecnologías amplían y desarrollan los sistemas mecánicos ya existentes, mediante un nuevo enfoque integrado dirigido a reciclar más volumen de plásticos post-consumo provenientes de desperdicios, ampliando también la variedad de productos reciclados al incorporar nuevos diseños, aumentando de esta manera los beneficios de la comercialización del producto final reciclado.

Algunos métodos de reciclado químico ofrecen la enorme ventaja de que no requieren de una separación por tipo de resina plástica. Es decir, que pueden tomar residuos plásticos mixtos, como se verá más adelante, reduciendo así los costos de recolección y clasificación, pero a la vez produciendo productos finales de alta calidad.

17.3.3 Incineración con Recuperación Energética: Consiste en recuperar la energía térmica que se produce cuando los combustibles se transforman en gases y residuos durante la combustión. La energía se recupera mediante el uso de intercambiadores de calor que extraen la energía de los gases calientes de la combustión. Recordemos que los Residuos Plásticos no son otra cosa que HIDROCARBUROS, pues son derivados del petróleo o del gas natural. Un plástico, como por ejemplo un caño, puede tener una vida útil de 70 años antes de transformarse en un residuo. Entonces al cabo de su vida los residuos plásticos podrán aportar un beneficio extra: brindar electricidad y/o calor a partir de su incineración.

18

conclusiones

18. CONCLUSIONES.

De acuerdo a la información presentada y a los parámetros de evaluación comentados, podemos plantear las siguientes conclusiones con respecto a la problemática de los desechos industriales en El Salvador:

1. En El Salvador, la generación de desechos industriales es un problema con implicaciones de carácter ambiental de gran envergadura, por lo que la implementación de alternativas de solución específicas para cada componente de dicha problemática, debe contar con el apoyo de las instituciones tanto del sector público, privado y organismos de ayuda social, para lograr así resultados que impacten positivamente la situación actual.



2. Paralelo a la implementación de alternativas de solución a la diversa problemática de lo que hoy son desechos, deben impulsarse medidas tendientes a disminuir los volúmenes de generación ó a generar recursos que puedan ser usados para impulsar de una manera más profunda y eficiente las técnicas de tratamiento y valorización de los desechos.
3. A nivel local, la recuperación de los desechos para su reutilización, es una alternativa que puede ser aprovechada, toda vez que las instituciones involucradas (Gobierno, Industria y ONG's) validen el proceso y éste sea debidamente promocionado y controlado y, sobre todo apoyado por un marco de leyes y políticas que respalden este tipo de nuevos negocios.
4. A nivel regional, la integración de la región en políticas orientadas al reuso de los desechos generados en conjunto posibilitarán la creación de un mercado de residuos que podrá ser atractivo para inversores foráneos, posibilitando así el acceso a tecnologías que a la fecha no se cuentan.

19

bibliografía

www.arte-brandy.com.or/gorbeto/ ;
www.abcagro.com ;
www.agrobooks.com ;
www.amazings.com
www.ban.org ;
www.conama.cl;
www.cepis.ops-oms;
www.ceamse.gov.ar/recicla_abc_plastico.html
www.svte.org; www.wsis.ethz.ch ;
www.crisinfo.org ;
www.empa.ch.sit; www.gecos.epfl.ch/lcsystems
www.anep.org.sv/anaso.htm;
www.mspas.gob.sv
www.rree.gob.sv/sitio/sitio.nsf/pages/directoriodeexportadores;
www.adi.uam.es;
www.conama.cl ;
www.irabia.org ;



www.ladpw.org/edp/recycling;
www.vitalis.net
lblnews.com/di/getnot.php?id=101342 ;
www.epa.gov ;
www.educaplus.org ;
www.emison.com ;
www.ecopress.es ;
www.epa.gov ;
www.eco-sitio.com/ar ;
www.elsamex.com ;
Ecodes.org/lifepapel
www.dipc.es/proyectos/ambiente.asp;
www.formoso.com;
www.ideal.es/waste/neumaticos;
www.michelin.es;
www.rma.org/scarptires;
www.tupotada.com/espo-directorio.php?keyword=neumaticos;
www.cemat.org;
www.cepis.ops-oms/bvsare/e/congreso/ani-lub.ppt
www.edomexico.gob.mx
www.formoso.com/aceites.htm
www.greenpeace.es
www.solomantenimiento.com
www.ecoportal.net
www.educared.net
www.fao.org
www.ideam.gov.co
www.inia.cl
www.telepolis.com
www.tierraviva.org
www.terralia.com
www.papelnet.cl



Enciclopedia en línea Wipedia, Papel

www.recicla vidrio.com

www.petdesign.freeweb.com/pagin02.html

www.madridmasd.org

www.recicla.com/Enlaces/Plastico.htm

www.uc.org.uy/edi0698.htm

www.ere ma.at

<http://www.goodfellow.com>

<http://www.esmas.com>

<http://www.cessa.com>

www.ecoplast.com.ve/productos.htm

www.erres.org.uy/plastico.htm

www.plasolca.com/actuamos.html

www.dow.com/polyolefins

www.steel-dragon.com

www.centroplastica.it.shome.htm

www.institutopvc.org/español/mediamb.htm

www.aula.elmundo.es/aula/laminas/lamina1034241625.pdf

www.telecable.es

http://mail.udlap.mx/~tesis/meiq/perez_l_oa/capitulo1.pdf

www.cosmos.com.mx/pla

http://www.sica.gov.ec/agronegocios/productos%20para%20invertir/fibras/especies_fibras.htm

http://www.indexnet.santillana.es/rcs/_archivos/Recursos/tecnologia/textil.pdf

www.una.ac.cr

<http://www.microdenieronline.com/htm/manual/fibras.htm>

www.belcaplast.com

<http://www.microdenieronline.com/htm/manual/propfibra.htm>

www.recicla vidrio.com

www.recicla.com

<http://museovidrio.vto.com/v1a.htm>

<http://aguamarket.com/>

<http://materiales.eia.edu.co/ciencia>



REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS:

- Documentos técnicos de PLASTIVIDA (<http://www.plastivida.com.ar>):
 - Plásticos: Su origen y relación con el medio ambiente.
 - Residuos plásticos: Su aprovechamiento como necesidad
 - Reciclaje y recuperación de plásticos, Diferentes análisis de Estudio de Ciclo de Vida.
 - ¿Qué hacer con los plásticos cuando concluye su vida útil?
 - Guía Metodológica de Estudio de ciclo de vida, Comisión Nacional del medio ambiente, Gobierno de Chile, Junio 2001.
- Guía para el uso del Estudio de ciclo de vida en sector de manejo de residuos, Nordtest Project, Helga Jóhanna Bjarnadóttir, Noviembre 2002.
- Kokusai Kogyo Co., LTD y Universidad Don Bosco; Estudio sobre el Manejo Regional de Residuos Sólidos para el Área Metropolitana de San Salvador, 2000.
- Manual de los Desechos Sólidos y Líquidos Técnicas Participativas para la Educación Ambiental.
- Marks, Manual del Ingeniero Mecánico, 8ª. Edición, Mc Graw Hill, 1989.
- Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Gobierno de El Salvador, Memoria de labores de Junio 2002 a Mayo 2003.
- Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social; Análisis Sectorial, 1998.
- Proyecto Agua, Acceso, Gestión y Uso Racional del agua, MARN – Consorcio CARE, 2001
- Ramos Arizpe, Curso de cemento, Combustibles alternativos, Ediciones Holderbark, 1997.
- Sermeño, Mauricio; La basura, un problema a solucionar o a evitar, 1997.
- TCHOBANOGLIOUS, GEORGE: Gestión Integral de residuos sólidos, McGraw Hill Book Company, México D.F., 1993.
- The S.M. Group, Diagnóstico Nacional de Manejo de los Desechos Sólidos Municipales, 1997.
- Viceministerio de Transporte, Gobierno de El Salvador, Memoria de labores del año 2002.

¿Qué es PROARCA/SIGMA?

Administrado por **ARD**, **PROARCA/SIGMA** (Sistemas de Gestión para el Medio Ambiente) es uno de los cuatro componentes que integran el **Programa Ambiental Regional para Centroamérica (PROARCA)**, programa financiado por la **Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID)**. Como un apoyo a la agenda de la **Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD)**, uno de los objetivos de **PROARCA** consiste en realizar acciones para mejorar el manejo ambiental en el **Corredor Biológico Mesoamericano (CBM)**.

Sabemos que la deforestación, el manejo inadecuado de desechos sólidos, el uso inapropiado de agroquímicos y el desecho de aguas residuales municipales e industriales río arriba, afectan los ecosistemas, la biodiversidad y la salud humana río abajo. Ante esa realidad, la meta de **PROARCA/SIGMA** es que municipalidades y el sector privado de la región incrementen el uso de prácticas y tecnologías menos contaminantes. Asimismo, busca reducir los efectos negativos, directos o indirectos, sobre el **Corredor Biológico Mesoamericano (CBM)**, específicamente en aquellos territorios cuyas cuencas finalmente desembocan en cuatro áreas transfronterizas claves para la región: Golfo de Honduras, Costa Mosquitia (Honduras y Nicaragua), Golfo de Fonseca y La Amistad-Cahuita-Río Cañas (Costa Rica y Panamá).



PROARCA/SIGMA

Sistemas de Gestión para el Medio Ambiente (SIGMA),
proyecto USAID-CCAD, administrado por ARD

4 Avenida 17-09 zona 14. Guatemala, Guatemala.

Tel: (502) 2337-2906. Fax: (502) 2368-3423.

E-mail: sigma@proarca.org

www.proarca.org

