

COMPETENCIA SOBRE AGUA, ENERGÍA Y AMBIENTE

5° ciclo - año 2011

Bibliografía 1° semifinal:

Temas:

- 1) Gestión de Residuos Sólidos Urbanos, Peligrosos e Industriales**
- 2) Energía de Biomasa**

1 - Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (GIRSU)

INTRODUCCIÓN

Todas las actividades humanas generan residuos y estos deben ser gestionados y dispuestos en forma ambientalmente correcta, minimizando los posibles impactos sobre la salud y el medio ambiente.

En el último siglo las actividades humanas han producido una enorme degradación del medio ambiente. El crecimiento exponencial de la población combinada con un incremento del consumo, ha llevado a una explosión en la cantidad de residuos producida. Al mismo tiempo resulta difícil encontrar sitios para la instalación de rellenos sanitarios.

Encontrar una solución a la crisis de la gestión de los residuos no es sencillo. El problema es grande, vital en términos de impacto al medio ambiente y complejo en alcance, involucrando no solamente a los aspectos técnicos sino también a los sociales, políticos y regulatorios.



RESIDUOS SÓLIDOS: UNA CONSECUENCIA DE LA VIDA

Todas actividades humanas generan residuos desde el comienzo de la humanidad, por lo tanto la generación de residuos sólidos son una consecuencia de la vida.

Antes de la revolución industrial, los residuos estaban compuestos principalmente de cenizas, maderas, huesos y restos de materiales orgánicos. Estos eran dispuestos en la tierra, donde actuaría como estiércol vegetal y ayudaría a mejorar el suelo.

Los antiguos sitios de disposición excavados por arqueólogos revelan solamente pequeñas cantidades de cenizas, herramientas rotas y de restos de cerámica, en esa época se reparaba y reutilizaba todo lo posible. A medida que fueron creciendo las poblaciones resultó necesario el desarrollo de sistemas de disposición final de los residuos, tal cual fue observado en Creta, Atenas y Roma, que debieron organizar primitivos “rellenos sanitarios”, en las afuera de las Ciudades. Los pobladores no entendían que los residuos eran un problema para la Salud, se limitaban a quemar sus residuos, enterrarlos o arrojarlos a las calles. Este arrojado indiscriminado de residuos, generó condiciones insalubres en la población, debido a los olores nauseabundos y la proliferación de ratas y vectores en las Ciudades. Documentos históricos atenienses, 500 años AC, indican la prohibición de la descarga de residuos en las calles de la ciudad y normas que establecían que debería ser dispuesta a una distancia mayor a 1,5 kilómetros de las puertas de la Ciudad.

A partir del año 1300, debido a la gran cantidad de residuos depositados en las ciudades en Gran Bretaña, se reglamentó una ley que establecía que se debía realizar una limpieza de los frentes de las casas, pero no fue acatada por la población. Los residuos eran quemados a cielo abierto en los hogares o en la parte externa. Debido a las deficientes condiciones sanitarias, durante el siglo XIII, se

expandió la terrible epidemia de peste negra por Europa Occidental y África del Norte, que provocó la muerte de alrededor de 75 millones de personas (estimándose el 50% del total de la población de Europa en ese momento).

La Revolución Industrial, en el siglo XVII, produjo una necesidad de disponibilidad de materias primas y un considerable aumento en las poblaciones urbanas (en busca de trabajo), estimulando el desarrollo de nuevas invenciones y maquinarias. Estas poblaciones en crecimiento, así como la producción industrial creciente contribuyeron a la mayor generación de residuos sólidos.

Los gobiernos comenzaron a tomar cartas en el asunto debido a los potenciales problemas de una mala gestión de efluentes y los residuos, comenzando así con la era del Saneamiento. A partir de ese momento se comenzaron a desarrollar sistemas organizados de recolección y disposición de los residuos, que se van optimizando continuamente.

GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN UNA SOCIEDAD TECNOLÓGICA

Antes de la Revolución Industrial, los residuos generados eran en su gran mayoría del tipo orgánicos –fácilmente biodegradables-, (desechos de alimentos, restos de poda, huesos, etc.), y materiales inertes (cenizas, restos de cerámica, etc.). A partir de la Revolución industrial, los residuos sólidos generados comenzaron a aumentar en cantidad y en peligrosidad (debido al comienzo de la fabricación de productos químicos de alta toxicidad). Los beneficios de las nuevas tecnologías, vinieron asociados con los problemas de la gestión de residuos resultantes.

A partir de los años 1960 a 1970, comenzó a generalizarse la utilización de envases y embalajes (E&e) para distintos productos que anteriormente se comercializaban en forma suelta o al peso. Esto generó un aumento gradual de la cantidad de residuos, ya que los envases y embalajes son descartados luego del consumo del contenido. En la actualidad alrededor del 25-30% del total de los RSU generados corresponden a E&e, compuestos por cartones, diferentes tipos de plásticos, vidrios, etc.

Por otra parte, la calidad de los residuos sólidos ha variado en los últimos años debido a los cambios en los hábitos y costumbres de la población asociados a la nueva comercialización de los productos alimenticios (congelados, pre-elaborados, etc.), así como la proliferación de los alimentos procesados (delibery). Esto conlleva a un aumento del contenido de plásticos y cartones y una disminución de la presencia de desechos alimenticios (restos de la preparación y consumo de alimentos).

SISTEMA DE GESTION INTEGRAL DE LOS RSU

Los residuos sólidos comprenden todos aquellos que provienen de las actividades humanas, que normalmente son sólidos (semisólidos), y desechados como inútiles o superfluos por los propios generadores. Son una consecuencia de la vida; todas las actividades los generan.

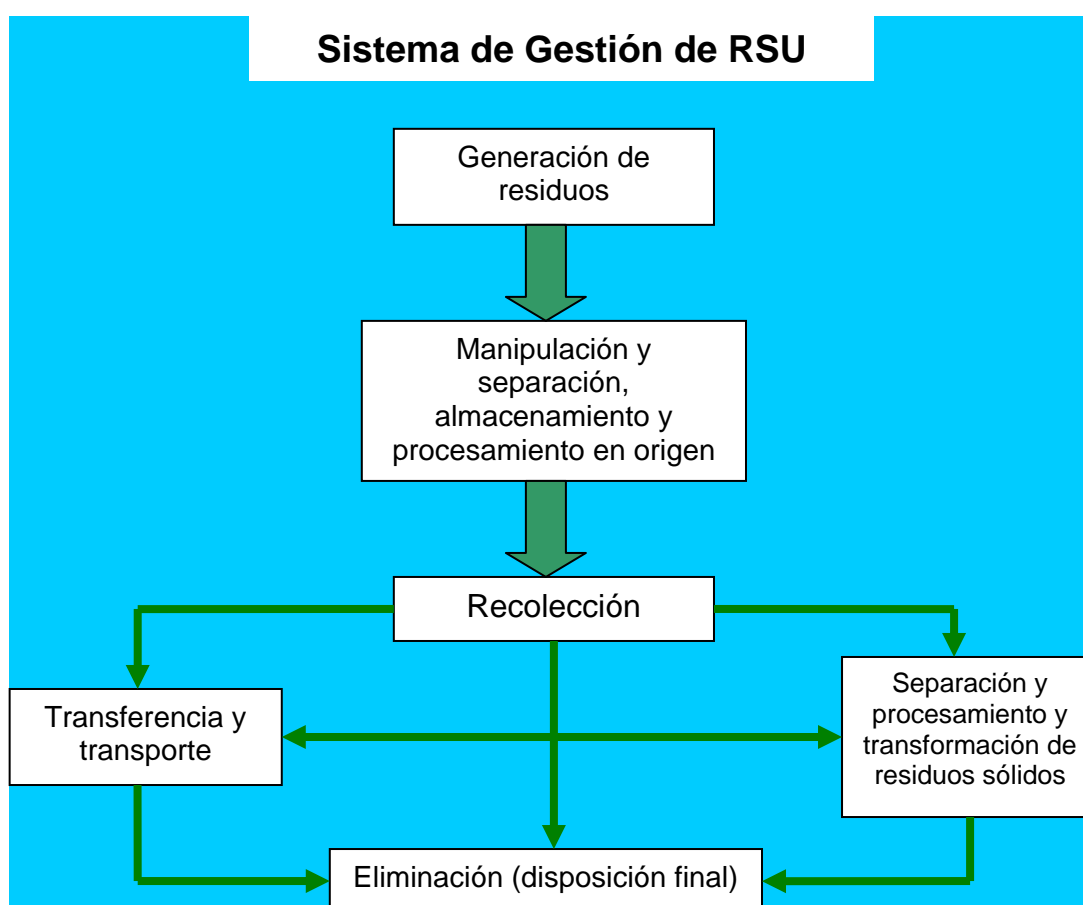
“La Gestión de Residuos Sólidos (GRSU) es la disciplina asociada al control de la generación, almacenamiento, recolección, transferencia y transporte, procesamiento y disposición final de los residuos, en forma armónica con los mejores principios de la salud pública, de la economía, de la ingeniería, de la conservación, de la estética y de los principios ambientales, respondiendo a las expectativas del público”.¹

¹ Tchobanoglous, G. et al. (1994), *Integrated Solid Waste Management, Engineering Principles and Management Issues*, Mc Graw-Hill.

Los elementos funcionales de un Sistema de GRSU son:

- Generación
- Manipulación y separación, almacenamiento y procesamiento en origen
- Recolección
- Separación y procesamiento, transformación de residuos sólidos
- Transferencia y transporte
- Disposición final

Los distintos elementos se encuentran interrelacionados, observándose que cualquier modificación tiene un efecto directo sobre los siguientes, tal cual se presenta en la siguiente figura.



MARCO LEGAL APLICABLE A LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RSU

En nuestro país el **artículo 41 de la Constitución Nacional** establece que todos los habitantes gozan del derecho a un ambiente sano, equilibrado, apto para el desarrollo humano y para que las actividades productivas satisfagan las necesidades presentes sin comprometer las de las generaciones futuras; y tienen el deber de preservarlo. El daño ambiental generará prioritariamente la obligación de recomponer, según lo establezca la ley. Asimismo, se determina que las autoridades proveerán a la protección de este derecho, a la utilización racional de los recursos naturales, a la preservación del patrimonio natural y cultural y de la diversidad biológica, y a la información y educación ambientales.

Por otro lado la **Ley 25916 y Decreto 1158/04**, establece los presupuestos mínimos de protección ambiental para la gestión integral de los residuos domiciliarios, sean

éstos de origen residencial, urbano, comercial, asistencial, sanitario, industrial o institucional, con excepción de aquellos que se encuentren regulados por normas específicas.

Allí se define como gestión integral de residuos domiciliarios al conjunto de actividades interdependientes y complementarias entre sí, que conforman un proceso de acciones para el manejo de residuos domiciliarios, con el objeto de proteger el ambiente y la calidad de vida de la población.

Establece como objetivos lograr un adecuado y racional manejo de los residuos domiciliarios mediante su gestión integral, a fin de proteger el ambiente y la calidad de vida de la población; promover la valorización de los residuos domiciliarios, a través de la implementación de métodos y procesos adecuados; minimizar los impactos negativos que estos residuos puedan producir sobre el ambiente; y lograr la minimización de los residuos con destino a disposición final.

Establece la necesidad de aprobación de una Evaluación de Impacto Ambiental para la habilitación de estos centros de tratamiento y disposición final, así como la ejecución de un Plan de Monitoreo de las principales variables ambientales durante las fases de operación, clausura y postclausura.

Determina que los centros de disposición final deberán ubicarse en sitios suficientemente alejados de áreas urbanas y su emplazamiento deberá determinarse considerando la planificación territorial, el uso del suelo y la expansión urbana durante un lapso que incluya el período de postclausura. Asimismo, no podrán establecerse dentro de áreas protegidas o sitios que contengan elementos significativos del patrimonio natural y cultural. Los centros de disposición final deberán ubicarse en sitios que no sean inundables. De no ser ello posible, deberán diseñarse de modo tal de evitar su inundación.

RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU)

La recolección de los residuos sólidos domiciliarios se define como las actividades de la toma de los residuos en el punto de generación, su transporte y descarga en los sitios de transferencia, de procesamiento o disposición final. La recolección de los RSU es una de las partes más críticas de los sistemas de gestión, debido a su alto costo. Cabe destacar que, la recolección de los RSU representa aproximadamente entre el 50 al 70% del total del costo del sistema de gestión.

La recolección se diseña teniendo en cuenta las características de los residuos, las actividades y localización de los generadores (domésticos, comerciales e institucionales), así como las características de las instalaciones domiciliarias y la metodología para el almacenamiento en origen.

La gestión de los servicios de recolección es dificultosa y compleja. Los patrones de generación son difusos, sumado al aumento continuado de la generación, tornan la logística de este servicio cada vez más compleja.

SERVICIOS DE RECOLECCIÓN

Los servicios de recolección incluyen no solamente la recolección de los residuos sólidos de fuentes diversas, sino también su transporte a las instalaciones donde se descargan. Por otra parte, mientras que las actividades de transporte y descarga son similares para la mayoría de los sistemas, la metodología de recolección en el punto de generación varía según las características de las instalaciones, el tipo de actividades, y la ubicación donde estos se generan, así como el modo y los medios de almacenamiento en origen previo a su recolección.

Recolección de residuos no seleccionados: Se refiere a los residuos sin ningún tipo de selección previa. Esta recolección no es recomendable cuando los residuos son enviados a una planta de separación y reciclaje, dado que se produce una alta contaminación de los materiales potencialmente reciclables, disminuyendo los porcentajes de recuperación, así como los precios de los materiales recuperados.

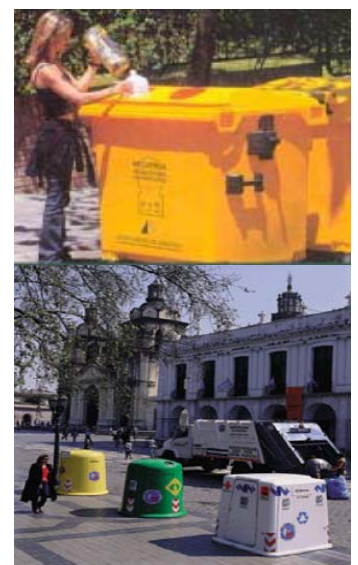
Recolección diferenciada: Los materiales potencialmente reciclables separados en origen pueden ser recolectados mediante la recolección en acera, utilizando tanto vehículos convencionales como especiales -con caja compartimentada- o dispuestos en contenedores específicos ubicados en puntos fijos, (por ejemplo: esquinas o áreas verdes). Por otra parte, se ha observado en otros países, que los ciudadanos envían estos materiales a centros de recolección selectiva, ubicados especialmente en supermercados. Cabe destacar que los programas de reciclaje más exitosos, a nivel mundial, son los que realizan la recolección diferencial puerta a puerta, observándose en ellos una tasa de participación más alta de la comunidad.

Modalidades de recolección diferencial

Recolección diferencial en acera: Consiste en la separación de residuos en el punto de generación realizada por los propios generadores. Los tipos de componentes separados dependen de los objetivos del programa. Se necesita un procesamiento o separación adicional antes de reutilizarse.



Centros de Recolección Selectiva en áreas verdes o puntos fijos: Un programa de recogida selectiva requiere que los residentes separen los materiales reciclables en origen y los lleven a centros específicos de recogida. Estos centros pueden ser uni-material o multi-materiales. Los responsables son los propios generadores. Presentan baja participación. Además, requieren un lugar de almacenamiento dentro del hogar o comercio. Debe implementarse una motivación para la participación (donaciones a instituciones locales). Se ubican en sitios específicos de la ciudad (espacios verdes, calles peatonales, estaciones ferroviarias) o en centros comerciales. Se debe mantener la participación con programas permanentes.



Centros de recompra: Un programa de recompra proporciona a los generadores un incentivo monetario para la participación. Las formas de pago pueden ser directas o indirecta (reducción de tarifas, concursos o loterías).



TRANSFERENCIA Y TRANSPORTE DE RSU

La recolección de los RSU en ciudades y áreas metropolitanas, se realiza mediante camiones compactadores. Estos vehículos al completar su carga, se dirigen a las plantas de tratamiento y/o sitios de disposición final para efectuar la descarga. Debido al aumento de la población, con el consiguiente crecimiento de las áreas urbanizadas, los centros de tratamiento y disposición final se encuentran cada vez más alejados provocando mayores costos de transporte. Solucionan esta situación las “estaciones de transferencia”. En estas instalaciones, los residuos de los camiones recolectores son transferidos a equipos de transporte de mayor capacidad de carga, con el objetivo principal de abaratar costos de transporte y mantenimiento en los camiones recolectores, que de otra forma estarían siendo usados en una forma y condiciones que no son las especificadas por su diseño.



Sistemas de transferencia

El propósito de los sistemas de transferencia es recibir los residuos sólidos de los vehículos recolectores para transferirlos a un vehículo de mayor capacidad y así ser transportados a la planta de tratamiento o al sitio de disposición final. Estos grandes vehículos suelen ser trailers, vagones de ferrocarril y/o barcos.

En la actualidad, el sistema de transferencia para residuos sólidos municipales es indispensable como solución para las grandes ciudades, debido al progresivo alejamiento de los sitios de tratamiento y de disposición final.

Los trailers de transferencia generalmente transportan una carga útil aproximada de 20-25 toneladas de residuos, y reciben un promedio de dos a tres vehículos recolectores de gran capacidad (20 a 24 m³). También se pueden utilizar cajas tipo roll-off de menor tamaño según necesidad.



Los tipos de estaciones de transferencia utilizados son:

- Estaciones de carga directa con o sin compactación.
- Estaciones de almacenamiento y carga o indirecta.
- Estaciones combinadas (carga directa e indirecta).

PROCESAMIENTO, TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE RSU

Los métodos utilizados para la recuperación de materiales separados en origen, comienzan con la recolección diferencial y finalizan en una planta de separación y procesamiento adicional de estos materiales previamente segregados en origen.

Para el caso de residuos no seleccionados, la separación se realiza en instalaciones para la recuperación de materiales. Cabe destacar que las eficiencias de recuperación son menores que en caso de residuos separados en origen, debido a la contaminación de los materiales.

Las instalaciones para la separación de materiales son más eficientes si se diseñan en forma integral, es decir que no sólo cuenten con una instalación para separación, sino que deben incluir plantas de compostaje, así como de procesamiento de los materiales recuperados para convertirlos en insumos para la industria. Además, deben tener en cuenta normas de seguridad e higiene para garantizar correctas condiciones de trabajo para los operadores.

Por otra parte, dentro de las alternativas de tratamiento se han considerado los procesos de transformaciones **químicas y biológicas** que se emplean para reducir el volumen y el peso de los residuos, así como para recuperar productos de conversión y energía.

El proceso de transformación **química** más frecuentemente utilizado es el de **incineración**, que actualmente se diseña para la recuperación de energía, en forma de calor. El proceso de transformación **biológica** más comúnmente utilizado es el **compostaje aeróbico**.

A continuación se resumen las operaciones y procesos de transformación utilizados para el tratamiento de los RSU, así como los principales productos resultantes

Operaciones y procesos de transformación de los RSU			
Procesos de transformación		Medio o método de transformación	Principales productos recuperados y de conversión o transformación
FISICOS	Separación de componentes	Separación manual y/o mecánica	Materiales recuperados de los RSU seleccionados y acondicionados
	Reducción de volumen	Operación mecánica	Materiales compactados con la consiguiente reducción de volumen respecto de los componentes originales
	Reducción de tamaño	Operación mecánica	Material triturado de menor tamaño y reducción de volumen respecto de los componentes originales
QUÍMICOS	Combustión	Proceso de oxidación térmica (incineración)	Dióxido de carbono (CO ₂), dióxido de azufre (SO ₂), agua (H ₂ O) y otros productos de combustión. Material particulado liviano y cenizas
BIOLÓGICOS	Compostaje	Proceso de tratamiento biológico aeróbico	Compost (material húmico utilizado como acondicionados de suelos)
	Lombricultura	Proceso de tratamiento biológico aeróbico	Lombricompuesto (material de la digestión utilizado como mejorador de suelos) + Lombrices (como fuente de proteínas)
	Digestión anaeróbica	Proceso de tratamiento biológico aneróbico	Metano (CH ₄), dióxido de Carbono (CO ₂), trazas de otros gases, humus o fangos digeridos
<i>Fuente: Tchnobanoglus, G.(1994), Integrated Solid Waste Management, Engineering Principles and Management Issues, Mc Graw-Hill</i>			

La eficiencia de los procesos de transformación y procesamiento de los RSU depende directamente de la forma de recolección de los mismos (diferencial o no seleccionados). En el primer caso, ésta es más alta y se producen menores cantidades de rechazos.

SEPARACIÓN, RECUPERACIÓN, REUTILIZACIÓN Y RECICLAJE

La separación de RSU se realiza para recuperar materiales potencialmente reciclables del flujo de RSU. El reciclaje disminuye el volumen de residuos a ser

dispuestos en los rellenos permitiendo, así una mayor conservación de recursos naturales y de energía para la fabricación de nuevos productos, minimizando los impactos para la Salud Pública y el medioambiente. Brinda entonces un beneficio económico y ambiental para la comunidad.

Las transformaciones necesarias para introducir los materiales recuperados al mercado tienen un costo, que en la mayoría de los casos es elevado, porque para que un programa de reciclaje sea exitoso se debe llevar a cabo la segregación en origen (recolección diferenciada) para minimizar la contaminación de los materiales. Se debe además concientizar en forma permanente a la comunidad participante para que tenga en claro los objetivos del mismo y realizar grandes inversiones para que los residuos sean considerados insumos por los consumidores, alcanzando las especificaciones técnicas necesarias, mediante su correcto procesamiento y en condiciones sanitarias y de seguridad, así como desarrollar los mercados para los materiales, evaluándose meticulosamente en que condiciones estos dejan de ser residuos para convertirse en recursos codiciados por los potenciales consumidores.

Los materiales recuperados pueden utilizarse de las siguientes maneras:

- Reutilización directa (tales como maderas, pallets, etc.).
- Materia prima para la fabricación y reprocesamiento (aluminio, papel y cartón, plásticos, vidrios, metales ferrosos, neumáticos).
- Materia prima para la elaboración de productos de conversión: producción de compost mediante la degradación biológica de los residuos de jardín y fracción orgánica de los RSU.
- Fuente de combustible: Obtención de energía de los RSU mediante incineración de la fracción orgánica y la recuperación del calor producido o mediante la conversión de los residuos en algún tipo de combustible (combustibles derivados de residuos).
- Restauración de terreno: mediante la disposición de residuos de construcción y demolición limpios y procesados.

TRATAMIENTOS TÉRMICOS

Los tratamientos térmicos (combustión) se utilizan para reducir el volumen y el peso de los residuos que requieren disposición y para recuperar productos de energía. Es un proceso de oxidación química de la fracción orgánica presente en los RSU.

La incineración reduce del 85 a 95% el volumen de la fracción combustible y además se puede realizar la recuperación de energía en forma de calor, pero estos sistemas requieren controles ambientales exhaustivos de las emisiones gaseosas generadas durante el proceso de quemado.

Los elementos principales de los residuos sólidos son: carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y azufre. Bajo condiciones ideales, los productos gaseosos derivados de la incineración de RSU (con cantidades estequiométricas² de aire) son agua, dióxido de azufre y dióxido de carbono.

Existen diferentes tipos de procesos de combustión dependiendo de la cantidad de oxígeno presente:

- Si la cantidad de Oxígeno es exacta estamos en presencia de un proceso de **combustión estequiométrica**.
- Si la combustión se desarrollo con exceso de Oxígeno (sobre las necesidades estequiométricas) se denomina **combustión con exceso de aire**.

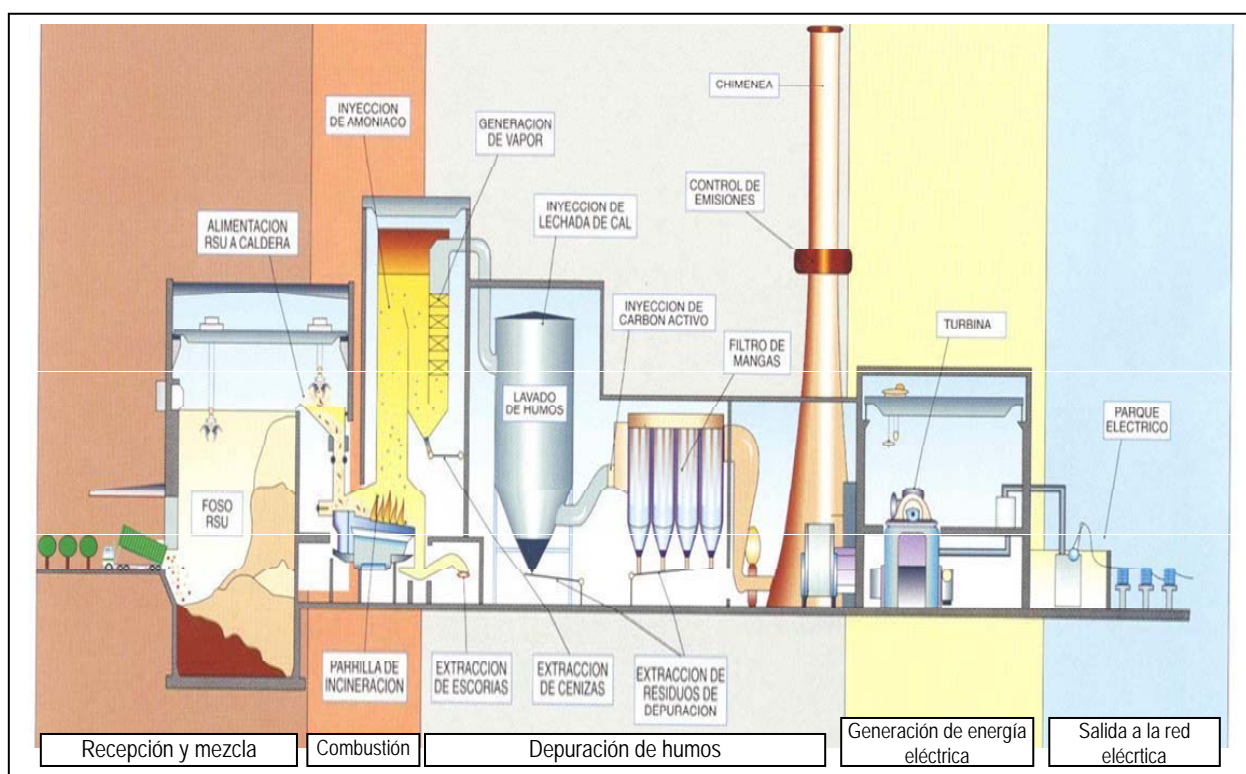
² Cantidad de oxígeno necesario para que se realice la combustión.

- Cuando la combustión se realiza con defecto de aire, es decir en condiciones sub-estequiométricas, el proceso se denomina **gasificación**. Este proceso de combustión parcial de los residuos sólidos, genera un gas combustible que contiene Monóxido de Carbono, Hidrogeno y gas de mediano poder calorífico.
- La **pirólisis** es el proceso térmico de los residuos en ausencia completa de oxígeno.

Los sistemas pueden generar:

- Agua caliente: Se puede utilizar para calefacción
- Vapor: Se puede utilizar para calefacción o para generar energía eléctrica

La incineración es un proceso de combustión controlado que transforma la fracción combustible de los residuos en productos gaseosos y un residuo sólido inerte (escoria) de menor peso y volumen que el material original. El combustible es el propio residuo y el comburente, el oxígeno del aire. Se debe considerar que este sistema de eliminación no es completo, ya que se genera un producto residual que son las cenizas y un efluente gaseoso.



Detalle de Sistema de Incineración con recuperación de energía

(Tchbanoglous G. et al (1994), Gestión Integral de los Residuos Sólidos. Mc Graw Hill)

A continuación se presenta las ventajas y desventajas del proceso de incineración:

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Produce una reducción de peso del 70 al 75% respecto de la cantidad original • Produce una reducción de volumen del 85 al 90%. • Presenta grandes posibilidades de recuperación de energía mediante la utilización de los gases calientes. 	<ul style="list-style-type: none"> • En caso de residuos con alto contenido de humedad se necesita un secado previo con el consecuente consumo de energía. • Se necesita mayor de consumo de combustible fósiles para el quemado de los residuos con bajo poder calorífico. • Altos costos de inversión • Altos costos de operación del sistema de incineración.

Los sistemas de incineración actualmente más utilizados son:

- **Incineradores de combustión en masa:** Opera con RSU en bruto o en masa
- **Incineradores alimentadas por CDR:** Opera con RSU procesados, conocidos como combustibles derivados de residuos (CDR).

Aspectos críticos de la utilización de sistema de incineración

Los aspectos críticos asociados al uso de incineradores para el tratamiento de RSU son:

- Problemas en la localización de las plantas, debido al rechazo de la población a la radicación de incineradores (Efecto Nimby: *“Not in my back yard”, que significa no en mi patio trasero.*).
- Necesidad de sistemas de control de emisiones gaseosas de alto costo para alcanzar los estándares de calidad de aire en el entorno tal cual lo establecido en la legislación nacional sobre residuos peligrosos.
- Problemas para la disposición de los rechazos de incineración y de las cenizas generadas durante el tratamiento, así como del material particulado fino, retenido en los filtros de manga o electrostáticos.
- Necesidad de contar con un sistema de tratamiento de los efluentes líquidos generados del lavado de gases mediante scrubbers o lavadores de gases.
- Altos costos de inversión y operación, que hacen que este sistema no sea económico frente a otros tipos de tratamiento.
- Necesidad de contar con un relleno de características específicas para la disposición final de las cenizas, materiales finos y rechazos.
- Necesidad de personal calificado para la operación y mantenimiento de los incineradores.
- Altos de costos de mantenimiento, necesidad de reparaciones periódicas preventivas de las instalaciones del incinerador (refractarios, partes mecánicas).
- Escasa flexibilidad para adaptarse a incrementos en la cantidad de residuos a tratar.

TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS

Los tratamientos biológicos son procesos de degradación biológica de la fracción orgánica presente en los RSU. Se utilizan para reducir el volumen y el peso de los residuos que requieren disposición y para recuperar productos de conversión.

La fracción orgánica de los RSU (con excepción de los plásticos, goma y cuero) se puede considerar compuesta por proteínas, aminoácidos, lípidos, hidratos de carbono, celulosa, lignina, etc. Estos componentes orgánicos, tratados mediante un proceso de descomposición aeróbica microbiana, producen un material denominado **humus** (conocido comúnmente como compost).

Los objetivos de estos tratamientos son:

- Transformar materiales orgánicos biodegradables en un material biológicamente estable y reducir el volumen original de los residuos.
- Destruir organismos patógenos, huevos de insectos y otros tipos de organismos no deseables que puedan estar presentes en los RSU.
- Retener al máximo el contenido nutricional (nitrógeno, potasio y fósforo).
- Elaborar un producto que pueda ser utilizado como soporte para el crecimiento de plantas y como mejorador de suelos.

Características físicas y químicas del compost

Las características del Compost son:

- Color: marrón hasta marrón oscuro
- Baja relación carbono-nitrógeno
- Naturaleza cambiante debido a la acción de microorganismos
- Alta capacidad para el intercambio de cationes y para la absorción de agua



Su composición varía según la naturaleza del material original y las condiciones bajo las cuales se lleva a cabo la operación de composting.

Los principales materiales para aplicaciones del composting son:

- Residuos de Jardín
- Fracción orgánica de los RSU
- RSU no seleccionados parcialmente procesados
- Co-composting de la fracción orgánica de los RSU con barros de aguas residuales domésticas o cloacales.

En la siguiente tabla se presentan los materiales a ser compostados y su contenido de Carbono y Nitrógeno de modo tal de poder desarrollar una adecuada mezcla para alcanzar una buena relación Carbono/Nitrógeno.

Materiales compostables y su contenido de Carbono y Nitrógeno		
Verdes (Alto contenido de Nitrógeno)	Marrón (Alto contenido de Carbono)	No utilizar
Restos de corte de pasto	Hojas	Huesos
Restos de poda	Corteza	Heces de gatos y perros
Frutas y vegetales	Paja	Aceites
Plantas domésticas	Astillas de madera	Grasas
Abono de caballo, cerdo, pollo, conejo y vaca	Aserrín	Grasa animal
Desechos alimenticios: cáscaras de huevo, pan viejo, restos de café (incluido el filtro), saquitos de té, cáscara de frutas y vegetales, cáscaras de cítricos	Papel de diario triturado	Carbón de madera
		Desperdicios de carne y pescado
	Mazorca de maíz	Productos lácteos
		Semillas de malezas
		Plantas en descomposición

Fuente: www.ciwmb.ca.gov Integrated Waste Management Board - California - USA

Asimismo, en la siguiente tabla, se presentan los principales inconvenientes que pueden ocurrir durante el proceso de degradación biológica y las diferentes soluciones propuestas.

Principales inconvenientes en el proceso de compostaje		
Problema	Posible causa	Solución
Olor Nauseabundo	Excesiva humedad	Voltear la pila o adicionar material seco, tal como aserrín
	Compactación	Voltear la pila o disminuir su tamaño

Olor Amoniaco	Mucho contenido de Nitrógeno	Adicionar elementos con alto contenido de carbono (compuestos marrones)
Baja Temperatura	Pila muy pequeña	Aumentar el tamaño de la pila
	Baja humedad	Adicionar agua y voltear
	Pobre aireación	Voltear la pila
	Tiempo frío	Aumentar el tamaño de la pila o aislarla con una capa de material, tal como paja.
Alta Temperatura	Pila muy grande	Reducir el tamaño de la pila o voltearla con mayor frecuencia
	Poco contenido de Nitrógeno	Adicionar elementos con alto contenido de carbono (compuestos marrones)
Vectores y roedores, tales como ratas e insectos	Presencia de desechos de carne o residuos de desechos alimenticios grasos	Remover los restos de carne y de elementos grasos de la pila y cubrir con una capa de suelo o aserrín.
<i>Fuente: Integrated Waste Management Board - California – USA www.ciwmb.ca.gov</i>		

El compost es un mejorador de suelos y sus principales propiedades son:

- Mejora la permeabilidad de los suelos.
- Aumenta su capacidad de retención de humedad.
- Mejora la retención de nutrientes.
- Actúa como agente moderador del pH.
- Ayuda a regular la temperatura.
- Colabora en el control de la erosión.
- Mejora la aireación.
- Aumenta el contenido de materia orgánica en los terrenos.
- Previene enfermedades de los cultivos.
- Corrige deficiencias en la composición del suelo.
- Reduce la densidad.
- Aumenta la capacidad de intercambio de cationes en los suelos arenosos.

Pero además, el compost es también una buena fuente de nutrientes para las plantas al punto de que, en algunas aplicaciones, tiene ventajas sobre los fertilizantes por su característica de incorporar los nutrientes paulatina y gradualmente a lo largo de un cierto período de tiempo. Adicionalmente, el compost suministra una cantidad importante de micronutrientes que no aportan los fertilizantes (si bien los fertilizantes poseen siempre mayor cantidad de macronutrientes que el compost).

LOMBRICULTURA

La lombricultura es la utilización de las lombrices para el tratamiento de la fracción orgánica de los RSU. Esta se define como una actividad organizada utilizando "lombrices rojas o californianas" y su modalidad alimentaria para generar:

- El producto final de su digestión, comúnmente llamado "lombricompost" o "vermicompost": un compuesto suave al tacto, de olor agradable similar a la tierra mojada, que es atóxico para vegetales y un excelente mejorador de suelos.
- La "lombriz" en sí misma, como fuente de proteínas.

Las lombrices son clasificadas como anélidos oligoquetos. Ingeren todo tipo de compuestos vegetales y animales parcialmente descompuestos. En la primera etapa de este tratamiento actúan las bacterias y hongos, que degradan la celulosa y las proteínas, transformándolas en sustancias más simples (de cadena más corta) y que pueden ser ingeridas por las lombrices. Este proceso es de digestión aeróbica, por lo tanto con mínimos problemas de olores.

Cuando las condiciones de temperatura, humedad y pH son los adecuados, las lombrices son introducidas en el compost hasta la transformación del material en humus.

Las lombrices son de rápida multiplicación. Se utilizan para transformar residuos orgánicos en abono, humus de lombriz o worm casting como se le conoce en el comercio internacional.

La acción de la lombriz en su proceso digestivo produce un agregado de bacterias que actúan sobre los nutrientes. La acción microbiana del humus de lombriz hace asimilable para las plantas a elementos inertes como Fósforo, Calcio, Potasio, Magnesio y oligoelementos.

El humus de lombriz o lombricompost acelera el desarrollo radicular y los procesos fisiológicos de brotación, floración, maduración y mejora el sabor y color de los frutos. Su acción antibiótica aumenta la resistencia de las plantas al ataque de plagas y heladas.

El humus utilizado como abono le da al suelo una mayor porosidad y aireación, mejorando la infiltración y favoreciendo el crecimiento radicular. Posee una adecuada acidez que aumenta la solubilidad de micronutrientes (Cobre, Molibdeno, Manganeso y Zinc), por otra parte, los nutrientes (Nitrógeno, Fósforo y Potasio) presentes en el lombricompost, se encuentran en formas químicas que pueden ser fácilmente absorbidas por los vegetales.

El lombricompost es utilizado para cultivos intensivos florales y hortícolas, bajo cubierta, con muy buenos resultados y en cultivos extensivos de pomares (manzanos y perales) y cítricos.



Detalle de camas de lombricultura (Realicó)

DISPOSICIÓN FINAL DE RSU: EL RELLENO SANITARIO

La evacuación segura a largo plazo de los residuos sólidos es una componente importante de la gestión integral. La planificación, el diseño y la operación de rellenos implica la aplicación de principios científicos, ingenieriles y económicos. El método más común es el *vertido en tierra*.

El relleno sanitario es actualmente el método más económico y ambientalmente más aceptable para la evacuación o disposición final de los residuos sólidos. Incluso con la implantación de programas de reducción, de reciclaje o de tecnologías de transformación, es necesaria la disposición de los rechazos en los rellenos.

Se denomina Relleno a la instalación física utilizada para la evacuación en los suelos de la superficie de la tierra, de los rechazos procedentes de los residuos sólidos.

Se define *Relleno Sanitario* a la instalación de ingeniería para la disposición de RSU, diseñada y operada para minimizar los impactos sobre el medio y la salud pública.

La American Society of Civil Engineers (ASCE) define: "*Relleno Sanitario* es la técnica para la disposición de los residuos sólidos en el suelo sin causar perjuicio al

medio ambiente y sin ocasionar molestias o peligros para la salud y la seguridad pública. Este método utiliza principios de ingeniería para confinar los residuos en la menor superficie posible, reduciendo su volumen al mínimo practicable. Los residuos así dispuestos se cubren con tierra con la frecuencia necesaria, por lo menos al final de cada jornada”.

El *vertido* o disposición de los residuos sólidos es el proceso mediante el cual se depositan los residuos sólidos en un relleno con una adecuada supervisión ambiental. Para ello, se debe llevar a cabo un **Programa de Control Ambiental**, que incluya las siguientes actividades:

- **Control de vectores** (roedores e insectos) **y olores**
- **Monitoreo de placas de asentamiento del terreno**
- **Monitoreo de aguas subterráneas**
- **Control de Entrada de Residuos** (verificación, inspección y pesaje)

Descripción de los componentes de un relleno sanitario

A continuación se realiza una breve descripción de los distintos componentes de un relleno sanitario.

Celda: Es el volumen de material depositado en el relleno durante la operación diaria. La celda incluye los residuos depositados y el material de cobertura.

Nivel: Se denomina a una capa completa de celdas sobre una zona activa del relleno. Los rellenos se conforman con una serie de niveles.

Bermas: Se las utiliza para mantener la estabilidad de la pendiente del relleno, para la localización de las cañerías para recuperación del gas y de los canales para drenaje de agua superficial, y también para controlar la entrada de agua dentro del relleno durante la operación.

Cobertura diaria, que consiste en una capa de suelo natural (o materiales alternativos) de 15 a 30 cm, que se aplica al frente de trabajo del relleno al final de cada período de operación. Los objetivos de la cobertura son controlar el vuelo de materiales residuales, prevenir la entrada o salida de vectores sanitarios (tales como ratas, moscas, etc.) y controlar la entrada de agua dentro del relleno durante la operación.

Cobertura final: Se aplica a toda la superficie del relleno, después de concluir con las operaciones de vertido. Consiste en múltiples capas de tierra y/o materiales como geomembranas, para facilitar el drenaje superficial, interceptar aguas filtrantes y soportar vegetación superficial.

Sistema de impermeabilización: Conjunto de materiales naturales o sintéticos que se utilizan para la cobertura del fondo y las superficies laterales del relleno. Los recubrimientos suelen ser de arcilla compactada, y/o geomembranas sintéticas. El objetivo de la impermeabilización es prevenir la migración de lixiviado y del gas del relleno.

Gas del relleno: Es la mezcla de los gases que se encuentran dentro de un relleno. La mayor parte del gas está formada por metano y dióxido de carbono (productos principales de la descomposición anaeróbica de la fracción orgánica de los residuos) y otros componentes tales como: nitrógeno, amoníaco y trazas de compuestos orgánicos.

Gestión de gases del relleno: Comprende el control del movimiento de los gases del relleno de modo tal de reducir las emisiones atmosféricas, minimizar la salida de

emisiones olorosas, minimizar la migración subsuperficial del gas y permitir la recuperación de energía a partir del metano. La gestión incluye los sistemas de captación, extracción, transporte y tratamiento de los gases. Las metodologías de tratamiento utilizadas son quemado o incineración de los gases o su utilización para la producción de energía en forma de electricidad o calor (MDL – Proyectos de Mecanismo de Desarrollo Limpio)

Lixiviado: Es el líquido que se acumula en el fondo del relleno. Se genera lixiviado debido a la precipitación que entra dentro del relleno, al agua contenida en los residuos y a la infiltración de agua subterránea.

Gestión de Lixiviados: Es la clave para la eliminación del potencial que tiene el relleno para contaminar los acuíferos subterráneos. La gestión comprende los sistemas de impermeabilización, los sistemas de extracción y recolección de los líquidos lixiviados y el tratamiento de éstos. Las alternativas que se utilizan para el tratamiento del lixiviado, incluyen: 1) Reciclaje o Recirculación del lixiviado dentro de las celdas; 2) Evaporación del lixiviado; y 3) Tratamiento.

Gestión de aguas pluviales: Comprende el control del movimiento del lixiviado, la gestión de las aguas superficiales, que incluyen la lluvia, escorrentía, arroyos intermitentes y manantiales artesianos. Se utiliza una capa de cobertura con pendiente (3 al 5%) y de drenaje adecuado para las aguas pluviales, para el *control de la infiltración superficial*. El objetivo de eliminar o reducir la cantidad de agua superficial que entra en el relleno es de gran importancia para su diseño, dado el agua superficial es la mayor contribución al volumen total de lixiviado.

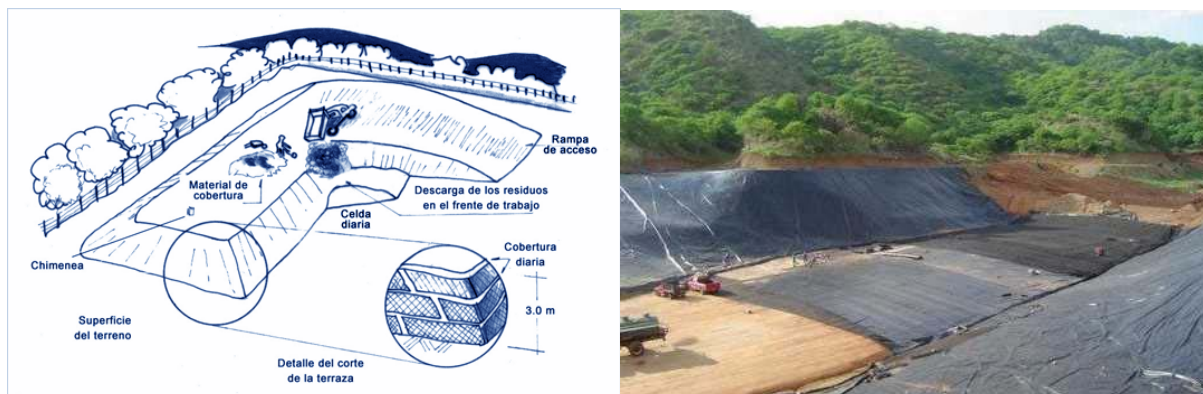
Instalaciones para el control: Incluyen sistemas de cobertura de fondo, sistemas de recolección y extracción del lixiviado, sistema de extracción y recolección del lixiviado y las coberturas, diaria y final.

Supervisión ambiental: Implica las actividades asociadas con la recolección y análisis de muestras de agua y aire, que se utilizan para supervisar el movimiento de gases y del lixiviado del relleno en la zona de operación.

Cierre del relleno: Es el término utilizado para describir los pasos que se deben seguir para cerrar y asegurar la zona del relleno una vez finalizado su período de operación.

Mantenimiento post-cierre: Se refiere a las actividades asociadas con la supervisión y mantenimiento a largo plazo del relleno cerrado (normalmente es de 30 a 50 años). Las actividades a realizarse son mantener las pendientes para asegurar la escorrentía superficial, mantener y operar los sistemas para el control de gases y lixiviado, y supervisar el sistema de detección de posible contaminación.

Control de entrada de residuos: El relleno sanitario debe contar con un sistema de inspección y control de los camiones que ingresan al predio a descargar, tanto particulares como municipales.



Reacciones que ocurren en el relleno sanitario

Los residuos sólidos dispuestos en relleno sanitario están sometidos a un número de cambios biológicos, físicos y químicos simultáneos. Los más importantes son:

- 1) la descomposición biológica de la materia orgánica putrescible, ya sea aerobia o anaerobia, con la evolución de gases y líquidos,
- 2) la oxidación química de materiales,
- 3) el escape de gases del relleno y la difusión lateral de gases a través del relleno,
- 4) el movimiento de líquidos producido por la diferencia de presiones,
- 5) la disolución y lixiviado de materiales orgánicos e inorgánicos por el agua y el lixiviado que se mueve a través del relleno,
- 6) el movimiento del material disuelto por gradientes de concentración y ósmosis
- 7) el asentamiento desigual producido por la consolidación del material en los vacíos.

RESIDUOS PELIGROSOS

Un **residuo peligroso** es cualquier desecho o combinación de ellos que constituye un peligro sustancial, hoy o en el futuro, para la vida humana, vegetal o animal y que por ello se debe manejar o eliminar con precauciones especiales.

Hoy en día hay una creciente preocupación acerca de los residuos peligrosos. Las prácticas comunes e irresponsables del ayer, mañana pueden ser la semilla del desastre. Lo que se consideran buenas prácticas de disposición se convierten en pesadilla si los operadores no son responsables.

En los últimos 30 años, las naciones más industrializadas han respondido a la contaminación y envenenamiento de nuestro planeta, de diversas maneras: ignorando o tratando de ocultar el problema, tratando de diluir y dispersar los contaminantes en cada medio del ambiente (aire, agua, suelo) para que sus efectos sean menos dañinos aparentemente, y de este modo "controlar" la contaminación y los residuos peligrosos mediante soluciones tecnológicas "al final de la tubería o de la chimenea", o bien, los gobiernos presionados por la opinión pública han cambiando de enfoque, para atacar el problema en su origen, a través de la reducción y prevención de la contaminación y de la generación de residuos peligrosos.

A comienzos de los 70's en EE.UU. se realizó el primer estudio a nivel nacional sobre el tema, y a partir de allí se convirtió en un término común con el desarrollo de iniciativas legislativas para su regulación. Mucho antes, los residuos que ahora conocemos como "peligrosos" se nombraban como especiales ó químicos. Esta última forma de referirse a ellos es común en otros países y también en Argentina.

El concepto "residuo peligroso" es en sí mismo ambiguo. Un aspecto importante de cualquier programa regulatorio es exponer una definición legal para determinar que es ó no un residuo peligroso. Pero desarrollar una definición legal puede demandar un considerable esfuerzo y seguramente con muchas discrepancias al respecto.

La USEPA (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos) se tomó aproximadamente cuatro años a partir de la primera ley de residuos peligrosos en 1976 antes de reglamentar sobre la definición de este tipo de residuo. La siguiente definición auspiciada por el Programa del Medio Ambiente de las Naciones Unidas en 1985, sirvió de base para varios estudios:

"...Residuos peligrosos son residuos (sólidos, barros, líquidos, y gases contenidos) diferentes a los radiactivos (e infecciosos), los cuales por razón de su actividad química ó tóxica, explosiva, corrosiva, ó otras características, cause ó pueda causar peligro para la salud ó el medio ambiente, sea solo ó cuando toma contacto con otro residuo".

La contaminación ambiental por sustancias tóxicas de un residuo ó de otras fuentes tiene una larga historia. Un residuo puede ser peligroso por un sinnúmero de razones, y la potencialidad de algunos residuos para causar una reacción tóxica en los humanos es la preocupación preponderante en la opinión pública. Esta preocupación (cuando no temor) explica porqué los residuos peligrosos dominan la escena de las preocupaciones ambientales.

LEGISLACION APLICABLE

A nivel internacional

A partir de varios encuentros internacionales sobre la protección del medio ambiente "Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano (Estocolmo, 1972)", "Directrices y Principios de El Cairo para el manejo ambientalmente racional de los desechos peligrosos", aprobadas por Naciones Unidas en 1987, en el año 1989 se aprobó el Convenio de Basilea sobre el Control de movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación. El convenio consta de 29 artículos y 6 Anexos. La República Argentina forma parte de los países que firmaron dicho Convenio.

A nivel nacional

La generación, manipulación, transporte, tratamiento y disposición de residuos peligrosos en jurisdicción nacional quedan sujetos a las disposiciones de la **Ley 24051 promulgada en 1992 y de su Decreto Reglamentario 831 del año 1993.**

La Ley Nacional de Residuos Peligrosos **es una Ley de adhesión**, esto quiere decir que las provincias pueden adherir a ella, o elaborar una normativa propia. Un punto importante de esta Ley es que **establece, para los infractores, sanciones del Código Penal.**

¿Cómo se generan residuos peligrosos?

Residuos con sustancias peligrosas son generados prácticamente en todas las actividades de la sociedad moderna, basta con pensar en una serie de prácticas cotidianas en las cuales generamos este tipo de desechos: cambiar el aceite del auto, pintar cualquier elemento de nuestra vivienda, cambiar el cartucho de una impresora, mandar a teñir una prenda de vestir o cambiar la pila de un reloj pulsera. Lógicamente, dada las pequeñas cantidades, las bajas concentraciones de sustancias peligrosas que se generan en estas prácticas cotidianas, no merecen, hasta el presente, un tratamiento especial; siendo necesario resolver primero los puntos de gran generación de residuos peligrosos.

La **actividad industrial** es, sin lugar a duda, la principal generadora de residuos peligrosos. La totalidad de las grandes industrias generan en mayor o menor grado residuos peligrosos, ya sea como una consecuencia del mismo proceso industrial de transformación de materia, como embalajes de materias primas, o como consecuencia de las actividades de mantenimiento y limpieza de fábrica.

Las actividades industriales relacionadas con la petroquímica, la metalurgia, y el curtido de cueros, representan las actividades de mayor riesgo potencial para la contaminación ambiental.

Los orígenes de los residuos peligrosos en la actividad industrial son:

- **Materiales agotados:** materias primas ya utilizadas e inútiles para posteriores usos sin la aplicación de nuevos procesamientos
- **Productos secundarios:** materiales generados en procesos específicos de fabricación de productos que no poseen uso alguno en su forma actual sin ulteriores procesamientos
- **Residuos de tratamientos:** barros provenientes del tratamiento de aguas residuales, del control de emisiones atmosféricas e incluso del tratamiento y recuperación de otros residuos tóxicos.
- **Residuos de las operaciones y mantenimientos industriales:** La limpieza de equipos de fabricación, los residuos del mantenimiento de los equipos, etc.
- **Residuos generados durante eventos de emergencia en las industrias:** Derrames o goteos accidentales de las materias primas o del producto dentro de las instalaciones, etc.
- **Productos químicos comerciales:** productos ya existentes que se convierten en residuos por distintas causas, por ejemplo: defectos en el proceso de fabricación, superación de la fecha de caducidad, entre otros.

A continuación nombramos algunos ejemplos de actividades industriales y comerciales que generan residuos peligrosos:

- Industria química: Ácidos y bases fuertes, solventes usados.
- Imprentas y afines: barros con alto contenido de metales pesados, desechos de tintas, solventes usados, desechos de anodizado o galvanizado, barros de tinta conteniendo metales pesados.
- Manufacturas de cuero: Desechos de tolueno y benceno.
- Industria del papel: Desechos de pintura que contienen metales pesados, solventes inflamables, ácidos y bases fuertes.
- Industria de la construcción: Desechos de pintura inflamables, solventes usados, ácidos y bases fuertes.
- Manufactura de cosméticos y agentes de limpieza: Restos de pintura que contienen metales pesados.
- Manufactura de metales: Restos de pintura que contienen metales pesados, residuos de cianuro, barros con metales pesados ácidos y bases fuertes.
- Talleres mecánicos: Residuos de pintura en base a metales pesados, residuos inflamables, baterías plomo/ácido usadas, solventes usados.
- Maderas y manufacturas de muebles /terminaciones: Basuras inflamables, solventes usados.

Caracterización de un residuo peligroso

Los objetivos de la caracterización de los residuos peligrosos son:

- Clasificar al residuo, es decir si es peligroso o no peligroso.
- Definir su naturaleza para determinar el mejor método de manejo, tratamiento, almacenamiento y disposición.
- Determinar su naturaleza para estudiar la compatibilidad con otros residuos.
- Estudiar el potencial impacto sobre el medio ambiente y la salud pública.

Normalmente, para determinar si un residuo es peligroso se procede de dos formas. Primero se realizan los ensayos de laboratorio que pueden indicar si exhiben una o más de las características fijadas para hacerlo peligroso. Segundo, se verifica si está

incluido en listados de residuos específicos compilados por las autoridades regulatorias, debido al conocimiento del residuo o la sospecha de tener peligrosidad potencial.

Así es entonces que la caracterización de un residuo como peligroso, se efectúa en base a dos procedimientos: **Listados y Características de Riesgos**

Características de Peligrosidad

Las características que determinan si un residuo es o no peligroso son:

- Inflamabilidad
- Reactividad
- Corrosividad
- Toxicidad

Inflamabilidad: Con esta característica se identifican residuos que presenten **riesgo de ignición**, siendo inflamable bajo las condiciones normales de almacenaje, transporte, manipuleo y disposición, o bien que sean capaces de agravar severamente una combustión una vez iniciada, o que sean capaces de originar fuegos durante tareas rutinarias de manejo que puedan producir humos tóxicos y crear corrientes convectivas que puedan transportar tóxicos a áreas circundantes.

Reactividad: Esta característica identifica a aquellos residuos que debido a su **extrema inestabilidad y tendencia a reaccionar violentamente o explotar**, plantean un problema para todas las etapas del proceso de gestión de residuos peligrosos. Se considera que un residuo presenta características de **reactividad**, si una muestra representativa del mismo cumple alguna de las siguientes condiciones:

1. Es normalmente inestable y sufre cambios fácilmente sin detonación.
2. Reacciona violentamente con agua
3. Forma mezclas potenciales explosivas con agua.
4. Cuando se mezcla con agua genera gases tóxicos, vapores o humos en cantidad suficiente como para representar un peligro para la salud y el ambiente.
5. Es portador de cianuros o sulfuros, por lo cual, al ser expuesto en condiciones de pH entre 2 y 12,5, puede generar gases, vapores o emanaciones tóxicas en cantidad suficiente como para representar un peligro para la salud o el ambiente.
6. Es capaz de detonar o reaccionar explosivamente si es sometido a una acción iniciadora fuerte o si es calentado en condición confinada, es decir en condición de volumen constante.
7. Es capaz de detonar fácilmente, de descomponerse o de reaccionar explosivamente en condiciones normales de presión y temperatura.
8. Es un explosivo, entendiéndose por tal a aquellas sustancias o mezclas de sustancias susceptibles de producir en forma súbita reacción exotérmica con generación de grandes cantidades de gases.

Corrosividad: En base a esta característica se identifica a aquellos residuos que presenten un riesgo para la salud y el ambiente debido a que:

- a) En caso de ser depositados directamente en un relleno de seguridad y al entrar en contacto con otros residuos, pueden movilizar metales tóxicos;
- b) Requieren un equipamiento especial (recipientes, contenedores, dispositivos de conducción) para su manejo, almacenamiento y transporte, lo cual exige materiales resistentes seleccionados;
- c) Pueden destruir el tejido vivo en caso de un contacto.

Se considera entonces, que un residuo presenta la característica de **corrosivo**, si verifica alguna de las siguientes condiciones:

1. Es un residuo acuoso y tiene un pH - 2 o pH - 12,5.
2. Es líquido y corroe el acero SAE 1020 en una proporción superior a 6,35 Mm. Por año a una temperatura de 55° C, de acuerdo al método identificado en Nase, Stándard HIN 01-69.

Toxicidad: Esta característica identifica a aquellos residuos o a sus productos metabólicos que poseen la capacidad de, a determinadas dosis, **provocar por acción química o químico-física un daño en la salud, funcional u orgánico, reversible o irreversible, luego de estar en contacto con la piel o las mucosas o de haber penetrado en el organismo por cualquier vía.**

La toxicidad puede ser: **aguda** (cuando el efecto se manifiesta luego de una única administración); **subaguda o subcrónica** (cuando se manifiesta luego de la administración o contacto con el material durante un período limitado, por ejemplo de 1 a 3 meses); y **crónica** (cuando el efecto tóxico se manifiesta luego de una administración o contacto durante períodos mucho más prolongados).

TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS

Debido a que hay muchos tipos de residuos peligrosos, hay muchas formas en que un residuo puede ser manejado. En efecto, en el mundo hay por lo menos 50 tecnologías comerciales probadas para la recuperación y tratamiento de residuos peligrosos. Una instalación puede funcionar con una sola tecnología, puede combinar varias de ellas, particularmente si es una instalación comercial que sirve a varios generadores.

Estas instalaciones son:

- **Instalaciones de recuperación/reciclado:** Recuperan material como un producto valioso (normalmente solventes, aceites, ácidos, o metales); algunos recuperan valores energéticos en el residuo.
- **Instalaciones de tratamiento:** Cambian las características físicas ó químicas de un residuo, o degradan o destruyen los constituyentes del mismo, usando alguna de la amplia variedad de métodos de tratamiento físico, químico, térmico o biológico.
- **Instalaciones para disposición final:** Áreas para la disposición permanente del residuo sobre o debajo de la superficie.

RESIDUOS HOSPITALARIOS

Se consideran residuos infecciosos a todos los residuos generados en relación con el cuidado de pacientes (diagnóstico, tratamiento, inmunización o provisión de servicios médicos a seres humanos o animales, etc.), investigación y/o producción comercial de elementos biológicos que **estén o puedan estar contaminados con agentes infecciosos**, capaces de inducir una infección, representando un riesgo potencial para la salud de la población.

Los **Residuos de Establecimientos de Salud (RES)** (total de residuos generados en los establecimientos dedicados al cuidado de la salud) son en un **75 al 90% asimilables a los residuos domésticos; y de un 10 a 25% son residuos peligrosos (infecciosos, tóxicos, etc.).**



Los residuos generados en Establecimientos de Salud se clasifican en:

- **No contaminantes:** son los producidos en las cocinas, salas de visita, salas de espera, dependencias administrativas, farmacia, y todo lo proveniente de la limpieza en general, excepto de las salas de aislamiento y áreas de tratamiento de enfermos contagiosos.
- **Contaminantes no patológicos:** son los provenientes de los sectores de primeros auxilios, emergentes de traumatología que no hayan estado en contacto con heridas, preparación de medicamentos y vendajes.
- **Contaminantes patológicos no infecciosos:** son los provenientes de curaciones de los servicios de obstetricia, cirugía, patología, curaciones, traumatología con material en contacto con heridas, etc.; es decir residuos que contengan materia orgánica.
- **Contaminantes patológicos infecciosos:** son los provenientes de las áreas donde presuntamente existe riesgo de infección; salas de guardia, cirugía, laboratorios, etc.
- **Peligrosos:** son los provenientes de las áreas donde por la actividad allí desarrollada los residuos generados signifiquen un riesgo para el medio ambiente, para el personal que los manipula y debe asegurarse su inocuidad antes de su destino final (residuos de drogas oncológicas, residuos de material radioactivo, etc..).

Grandes generadores de RES	Pequeños generadores de RES
<ul style="list-style-type: none"> • Hospitales • Clínicas • Laboratorios • Centros de Investigación • Centros de Investigación animal • Bancos de Sangre • Enfermerías • Casas Mortuorias • Centros de Autopsias 	<ul style="list-style-type: none"> • Consultorios Médicos • Clínicas dentales • Cuidado hogareño de la Salud • Centros de Acupuntura • Clínicas Psiquiátricas • Locales de tatuajes y piercing • Servicios Funerarios • Servicios Paramédicos • Geriátricos

Los principales riesgos de la inadecuada gestión de los RES son el potencial riesgo para la salud de la población hospitalaria (médicos, enfermeros, auxiliares, pacientes, vistas) y de la comunidad en general.

Legislación sobre Residuos Infecciosos

La legislación nacional sobre residuos peligrosos (Ley 24051), considera como residuos infecciosos a:

- Residuos provenientes de situaciones de aislamiento (pacientes hospitalizados en situación de aislamiento).
- Cultivos y cepas de agentes infecciosos (provenientes de laboratorios de investigación académicos e industriales; de la producción de vacunas y productos biológicos).
- Sangre humana y productos sanguíneos (suero, plasma y otros).

d) Residuos patológicos. (Tejidos biológicos, órganos, partes del cuerpo y fluidos corporales removidos durante cirugías y autopsias).

e) Elementos punzocortantes contaminados: Aguja hipodérmica, jeringas, recipientes de vidrio rotos, bisturís, los cuales han tomado contacto con agentes infecciosos durante la atención de pacientes o durante su empleo en laboratorios de investigación.

f) Cadáveres de animales contaminados: Se refiere a animales intencionalmente expuestos a microbios patógenos durante investigaciones biológicas, o durante pruebas "in vivo" de fármacos.

g) Alimentos contaminados: Restos de comidas provenientes de áreas de pacientes hospitalizados en situación de aislamiento.

Transporte y tratamiento de Residuos Hospitalarios

Los residuos hospitalarios deben ser transportados en contenedores resistentes, herméticos, totalmente cerrados, en un vehículo equipado de modo de evitar y contener potenciales derrames. El personal que realiza la carga y descarga de contenedores con residuos infecciosos debe utilizar vestimenta de protección adecuada y tecnología automatizada, a fin de reducir la necesidad de manejar manualmente esas operaciones y por lo tanto, minimizar los riesgos involucrados.

Los **objetivos** del tratamiento y disposición de los residuos hospitalarios son **limitar los impactos sobre la salud pública y el medio ambiente** mediante:

- Transformación de residuos en desechos no peligrosos mediante su tratamiento
- Contención de los residuos para evitar la exposición humana
- Contención de los residuos para evitar su dispersión en el ambiente

Los tratamientos más utilizados son la incineración y los autoclaves.

Incineración

Esta tecnología constituye un método de eliminación definitiva más efectivo ya que reduce el 90% del volumen y el 75% del peso y consigue una esterilización adecuada. Destruye, además, los fármacos citotóxicos. Las cenizas y rechazos pueden ser dispuestas directamente en el sitio de disposición final. Sin embargo, es costoso tanto en la instalación como en la operación y requiere controles especiales ya que las cenizas y los gases producidos son tóxicos. La eficiencia del tratamiento depende de la temperatura de incineración y del tipo de incinerador.

Autoclaves

Estos son recipientes metálicos de paredes resistentes y cierre hermético, que sirven para esterilizar los equipos y materiales reusables, mediante la combinación de calor y presión proporcionada por el vapor de agua. Los parámetros usados son 120° C y 2 Bars o 105 Kpa de presión durante un tiempo mínimo de 30 minutos. La destrucción se produce por hidrólisis de las moléculas, y es un método de esterilización ya que puede eliminar el 100% de los gérmenes, incluyendo esporas.

2 - ENERGÍA BIOMASA

Introducción

Durante la mayor parte de la historia de la humanidad, la biomasa y la energía solar han sido las únicas fuentes de energía térmica utilizadas por el hombre.

A lo largo del tiempo, y hasta la llegada del carbón, en la Revolución Industrial, la biomasa ha servido para resolver las necesidades de calor e iluminación, tanto en la vida cotidiana, como en las diversas aplicaciones industriales existentes.

Actualmente, la biomasa continúa teniendo un papel muy importante como fuente de energía renovable y no contaminante, especialmente en un mundo tan preocupado por los graves problemas medioambientales.

Por un lado, el hombre utiliza los llamados residuos forestales o agrícolas, que son aquellos recursos que se generan directamente en el campo o en la montaña de manera dispersa, para aprovechar la energía. Por otro lado, ya en nuestro siglo, el hombre también ha aprendido a recuperar la energía de las basuras domésticas, (residuos sólidos urbanos), los cuales constituyen un caso singular de la biomasa.

Los desechos tienen un alto contenido en materia orgánica, y otros componentes, como el papel, con un poder calorífico similar al de los carbones de baja calidad. Actualmente, con tecnologías muy diversas, se extrae la energía que nosotros hemos depositado en el contenedor de la calle en forma de bolsa de basura. Pero no hay que olvidar que la mejor estrategia de eliminación de residuos urbanos consiste en combinar procesos de recogida selectiva con reciclaje y compostaje y, a la vez, limitar las opciones de verter e incinerar, por los problemas ambientales que generan.

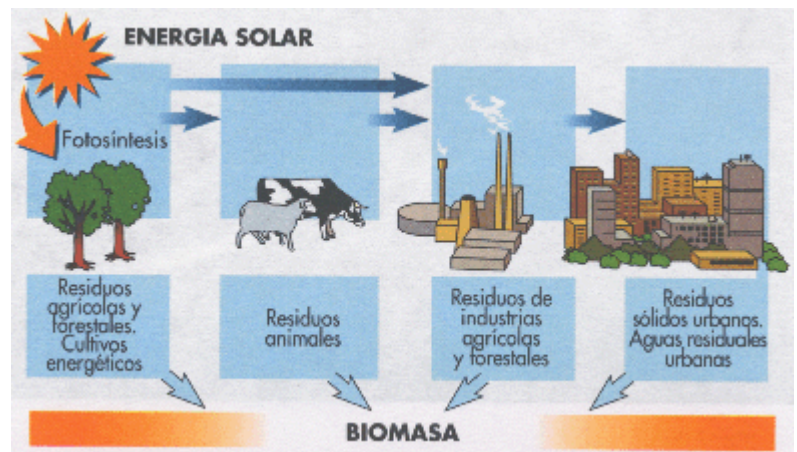
Definición

Se denomina biomasa a toda la materia orgánica que se encuentra en la tierra. Como fuente de energía presenta una enorme versatilidad, permitiendo obtener mediante diferentes procedimientos tanto combustibles sólidos como líquidos o gaseosos. De origen vegetal o animal, incluye los materiales que proceden de la transformación natural o artificial.

Cualquier tipo de biomasa proviene de la reacción de la fotosíntesis vegetal, que sintetiza sustancias orgánicas a partir del dióxido de carbono (CO_2) del aire y de otras sustancias simples, aprovechando la energía del sol.

La energía que se puede obtener de la biomasa proviene de la luz solar, la cual gracias al proceso de fotosíntesis, es aprovechada por las plantas verdes mediante reacciones químicas en las células, las que toman CO_2 del aire y lo transforman en sustancias orgánicas.

En estos procesos de conversión la energía solar se transforma en energía química que se acumula en diferentes compuestos orgánicos (polisacáridos, grasas) y que luego es incorporada y transformada por el reino animal, incluyendo al ser humano, el cual invierte la transformación para obtener bienes de consumo.



Historia

La biomasa ha sido el primer combustible empleado por el hombre y el principal hasta la revolución industrial. Se utilizaba para cocinar, para calentar el hogar, para hacer cerámica y, posteriormente, para producir metales y para alimentar las máquinas de vapor. Fueron precisamente estos nuevos usos, que progresivamente requerían mayor cantidad de energía en un espacio cada vez más reducido, los que promocionaron el uso del carbón como combustible sustitutivo, a mediados del siglo XVIII. Desde ese momento se empezaron a utilizar otras fuentes energéticas más intensivas (con un mayor poder calorífico), y el uso de la biomasa fue bajando hasta mínimos históricos que coincidieron con el uso masivo de los derivados del petróleo y con precios bajos de estos productos.

A pesar de ello, la biomasa aún continúa jugando un papel destacado como fuente energética en diferentes aplicaciones industriales y domésticas. Por otro lado, el carácter renovable y no contaminante que tiene y el papel que puede jugar en el momento de generar empleo y activar la economía de algunas zonas rurales, hacen que la biomasa sea considerada una clara opción de futuro.

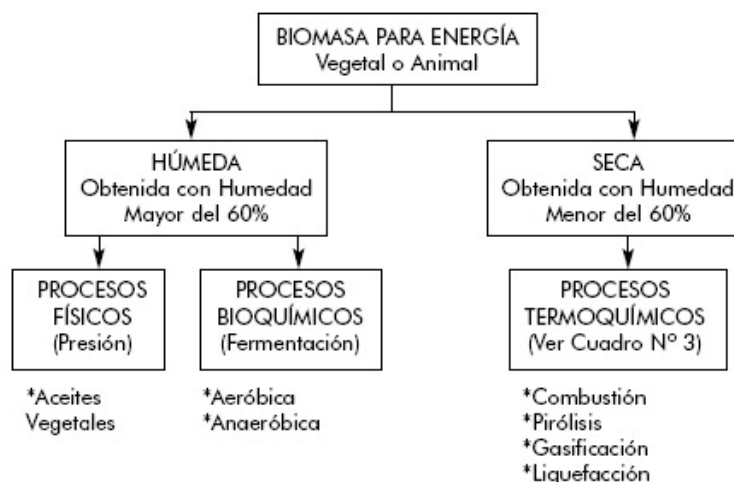
Procesos de conversión de biomasa en energía

Desde el punto de vista del aprovechamiento energético, la biomasa se caracteriza por tener un bajo contenido de carbono, un elevado contenido de oxígeno y compuestos volátiles. Estos compuestos volátiles son los que concentran una gran parte del poder calorífico de la biomasa. El poder calorífico de la biomasa depende mucho del tipo de biomasa considerada y de su humedad.

Así normalmente estos valores de poder calorífico de la biomasa se pueden dar en base seca o en base húmeda. En general se puede considerar que el poder calorífico de la biomasa puede oscilar entre los 3000 a 3500 kcal/kg (kilocalorías por kilogramo) para los residuos ligno-celulósicos, entre los 2000 y 2500 kcal/kg para los residuos urbanos y finalmente los 10000 kcal/kg para los combustibles líquidos provenientes de cultivos energéticos. Estas características, juntamente con el bajo contenido de azufre de la biomasa, la convierten en un producto especialmente atractivo para ser aprovechado energéticamente.

Cabe destacar que, desde el punto de vista ambiental, el aprovechamiento energético de la biomasa **no contribuye al aumento de los gases de efecto invernadero, dado que el balance de emisiones de CO₂ a la atmósfera es neutro**. En efecto, el CO₂ generado en la combustión de la biomasa es reabsorbido mediante la fotosíntesis en el crecimiento de las plantas necesarias para su producción y, por lo tanto, no aumenta la cantidad de CO₂ presente en la atmósfera. Al contrario, en el caso de los combustibles fósiles, el carbono que se libera a la atmósfera es el que está fijo a la tierra desde hace millones de años.

Desde el punto de vista energético resulta conveniente dividir la biomasa en dos grandes grupos:



BIOMASA SECA

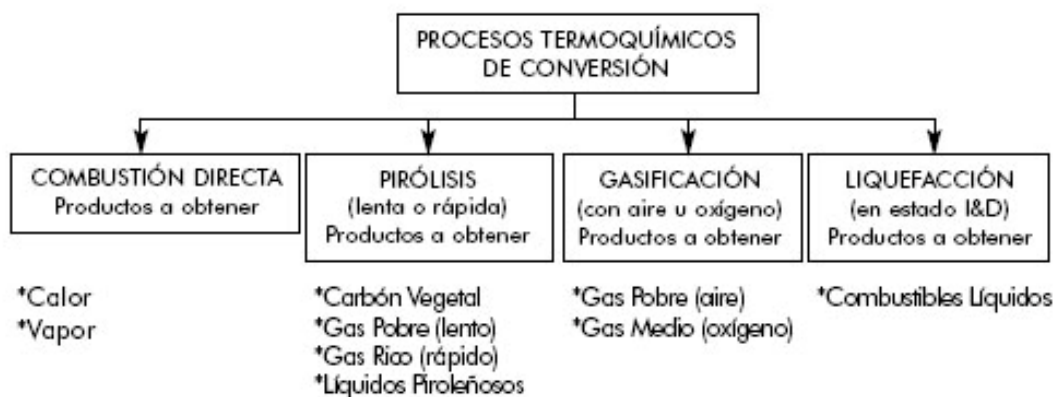
Es aquella que puede obtenerse en forma natural con un tenor de humedad menor al 60%, como la leña, paja, etc. Este tipo se presta mejor a ser utilizada energéticamente mediante procesos TERMOQUÍMICOS O FÍSICOQUÍMICOS, que producen directamente energía térmica o productos secundarios en la forma de combustibles sólidos, líquidos o gaseosos.

BIOMASA HÚMEDA

Se denomina así cuando el porcentaje de humedad supera el 60%, como por ejemplo en los restos vegetales, residuos animales, vegetación acuática, etc. Resulta especialmente adecuada para su tratamiento mediante PROCESOS QUÍMICOS, o en algunos casos particulares, mediante simples PROCESOS FÍSICOS, obteniéndose combustibles líquidos y gaseosos. Hay que aclarar que esta clasificación es totalmente arbitraria, pero ayuda a visualizar mejor la caracterización de los procesos de conversión.

Procesos Termoquímicos

Comprenden básicamente la COMBUSTIÓN, GASIFICACIÓN y PIRÓLISIS, encontrándose aún en etapa de desarrollo la LIQUEFACCIÓN DIRECTA.



Combustión: Es el más sencillo y más ampliamente utilizado, tanto en el pasado como en el presente. Coloquialmente, diremos que quemamos la biomasa. Es un tratamiento a una temperatura entre 150°C y 800°C, en el que la cantidad de oxígeno no está controlada. Los residuos de biomasa se oxidan (reaccionan químicamente con el oxígeno) completamente y se obtienen gases calientes, que es la parte que se aprovecha como energía térmica, ya sea para usos domésticos (cocción, calefacción) o industriales (calor de proceso, vapor mediante una caldera, energía mecánica utilizando el vapor de una máquina).

Las tecnologías utilizadas para la combustión directa de la biomasa abarcan un amplio espectro que va desde el sencillo fogón a fuego abierto (aún utilizado en vastas zonas para la cocción de alimentos) hasta calderas de alto rendimiento utilizadas en la industria.

Gasificación: Consiste en la quema de biomasa (fundamentalmente leña) en presencia de oxígeno en forma controlada, de manera de producir un gas combustible denominado "gas pobre" (llamado así por su bajo contenido calórico en relación al gas natural, del orden de la cuarta parte).

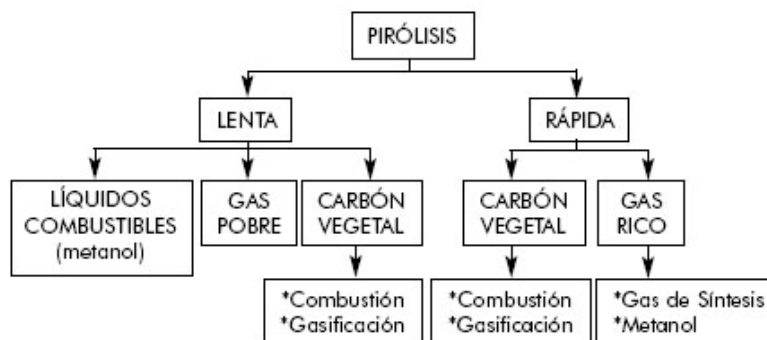
La gasificación se realiza en un recipiente cerrado, conocido por gasógeno, en el cual se introduce el combustible y una cantidad de aire menor a la que se requeriría para su combustión completa. El gas pobre obtenido puede quemarse luego en un quemador para obtener energía térmica, en una caldera para producir vapor, o bien

ser enfriado y acondicionado para su uso en un motor de combustión interna que produzca, a su vez, energía mecánica.

Pirólisis: Tratamiento a una temperatura entre 500°C y 600°C, y con ausencia de oxígeno. Se basa en la descomposición de la materia orgánica por calor. Este proceso es similar a la gasificación y se obtiene como producto una combinación variable de combustibles sólidos (carbón vegetal), líquidos (efluentes piroleñosos) y gaseosos (gas pobre). Generalmente, el producto principal de la pirólisis es el carbón vegetal, considerándose a los líquidos y gases como subproductos del proceso.

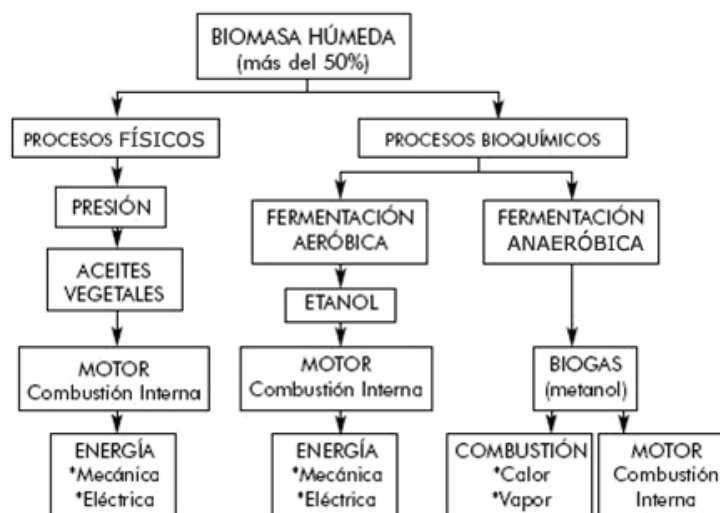
La pirólisis con aprovechamiento pleno de subproductos tuvo su gran auge antes de la difusión masiva del petróleo, ya que constituía la única fuente de ciertas sustancias (ácido acético, metanol, etc.) que luego se produjeron por la vía petroquímica. Hoy en día, sólo la producción de carbón vegetal reviste importancia cuantitativa. El carbón vegetal como combustible sólido presenta la ventaja frente a la biomasa que le dio origen, de tener un poder calórico mayor o, lo que es lo mismo, un peso menor para igual cantidad de energía, lo que permite un transporte más fácil.

No obstante, debe hacerse notar que la carbonización representa una pérdida muy importante de la energía presente en la materia prima, ya que en el proceso consume gran cantidad de ella.



Procesos Bioquímicos

Los procesos bioquímicos se basan en la degradación de la biomasa por la acción de microorganismos, y pueden dividirse en dos grandes grupos: los que se producen en ausencia de aire (anaeróbicos) y los que se producen en presencia de aire (aeróbicos).



Procesos anaeróbicos

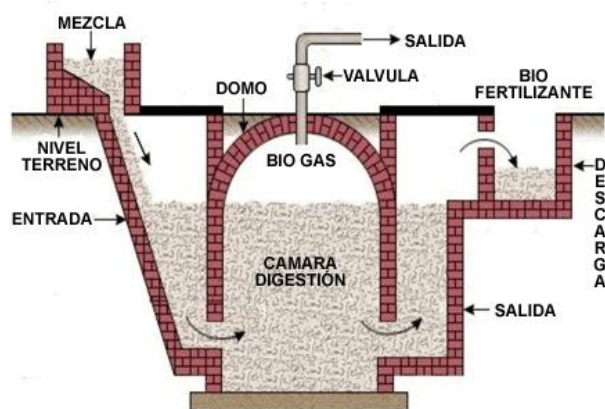
La digestión anaerobia es un proceso que se utiliza para residuos biodegradables (residuos sólidos urbanos, efluentes cloacales, etc.) a fin de reducir la carga contaminante que tengan.

En un recipiente cerrado llamado “digestor” determinadas bacterias degradan la materia orgánica en ausencia de oxígeno. El tratamiento anaerobio se caracteriza por la producción del denominado “biogás”, formado fundamentalmente por metano (60-80%) y dióxido de carbono (40-20%) y susceptible de ser utilizado como combustible para la generación de energía térmica y/o eléctrica

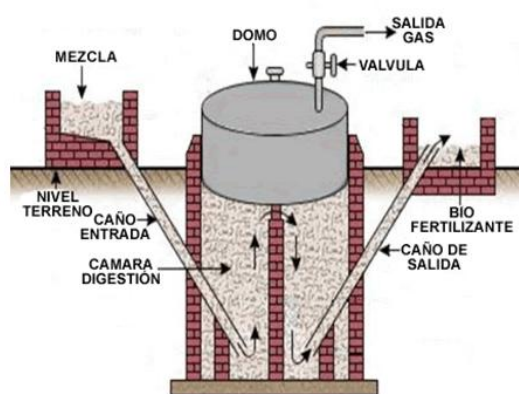
La biomasa degradada que queda como residuo del proceso de producción del biogás, constituye un excelente fertilizante para cultivos agrícolas. Las tecnologías disponibles para su producción son muy variadas pero todas ellas tienen como común denominador la simplicidad del diseño y el bajo costo de los materiales necesarios para su construcción.

El biogás, constituido básicamente por metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2), es un combustible que puede ser empleado de la misma forma que el gas natural. También puede comprimirse para su uso en vehículos de transporte, debiéndose eliminar primero su contenido de CO_2 .

Más del 80 % de las plantas de biogás difundidas en el mundo pertenecen a dos tipos de diseño, cuyos nombres derivan de los países en los cuales se realizaron los primeros modelos y posteriormente se les dio una difusión masiva. Estos modelos son el tipo Chino e Hindú.



Digestor tipo Chino



Digestor tipo Hindú

Los comienzos del biogás y los procesos anaeróbicos

La fermentación anaeróbica es un proceso natural que ocurre en forma espontánea en la naturaleza y forma parte del ciclo biológico. De esta forma podemos encontrar el denominado "gas de los pantanos" que brota en aguas estancadas, el gas natural metano de los yacimientos petrolíferos, así como el gas producido en el tracto digestivo de los rumiantes como los bovinos. En todos estos procesos intervienen las denominadas bacterias metanogénicas.

Las primeras menciones sobre biogás se remontan al 1.600 identificadas por varios científicos como un gas proveniente de la descomposición de la materia orgánica.

En el año 1890 se construye el primer biodigestor a escala real en la India y ya en 1896 en Exeter, Inglaterra, las lámparas de alumbrado público eran alimentadas por el gas recolectado de los digestores que fermentaban los lodos cloacales de la ciudad.

Tras las guerras mundiales comienza a difundirse en Europa las llamadas fábricas productoras de biogás cuyo producto se empleaba en tractores y automóviles de la época. En todo el mundo se difunden los denominados tanques Imhoff para el tratamiento de aguas cloacales colectivas. El gas producido se lo utilizó para el funcionamiento de las propias plantas, en vehículos municipales y en algunas ciudades se lo llegó a inyectar en la red de gas comunal.

Durante los años de la segunda guerra mundial comienza la difusión de los biodigestores a nivel rural tanto en Europa como en China e India que se transforman en líderes en la materia.

Esta difusión se ve interrumpida por el fácil acceso a los combustibles fósiles y recién en la crisis energética de la década del 70 se reinicia con gran ímpetu la investigación y extensión en todo el mundo incluyendo la mayoría de los países latinoamericanos.

El **relleno sanitario**, práctica muy difundida en el mundo para disponer de los residuos sólidos en las grandes ciudades han evolucionado incluyendo hoy en día modernas técnicas de extracción y purificación del gas metano generado en los mismos. Este fenómeno en décadas pasadas generaba graves problemas, entre los cuales figuraba el ambiental, por muerte de la vegetación que se encontraba en las zonas cercanas, malos olores que molestaban a los vecinos y explosivas mezclas de gases que se acumulaban en los sótanos de la vecindad.

El avance de esta técnica ha permitido que importantes ciudades del mundo, como es el caso de Santiago de Chile en América Latina, incluya un importante porcentaje de gas procedente de esta fuente en la red de distribución urbana de gas natural.

Procesos aeróbicos

La fermentación aeróbica se utiliza, principalmente, para las plantas de cultivos azucareros o de cereales, para obtener alcoholes denominados bioalcoholes. Estos alcoholes se pueden utilizar como combustibles para motores de explosión, ya sea directamente, o mezclados con gasolina.

La biomasa con alto contenido de azúcares o almidones, da origen a la formación de alcohol (etanol), que, además de los usos ampliamente conocidos en medicina y licorería, es un combustible líquido de características similares a los que se obtienen por medio de la refinación del petróleo.

Las materias primas más comunes utilizadas para la producción de alcohol son la caña de azúcar, mandioca, sorgo dulce y maíz.

El proceso incluye una etapa de trituración y molienda para obtener una pasta homogénea, una etapa de fermentación y una etapa de destilación y rectificación.

Otros Recursos Energéticos

Hay oportunidades en que la biomasa resulta más útil al hombre para otros usos distintos del de producir energía a través de ella, como es el caso de los alimentos, fibras textiles, materiales de construcción, etc.

Sin embargo, la explotación de biomasa para distintas actividades económicas, deja una parte de ella sin aprovechar, la que se transforma en residuo de esa actividad. Estos residuos pueden provenir de actividades forestales, agrícolas, pecuarias, agroindustriales o urbanas. En ocasiones puede darse la necesidad de cultivar y explotar la biomasa con fines exclusivamente energéticos. En este caso se habla de "cultivos energéticos".

Por lo tanto, de acuerdo a su origen, podemos clasificar la biomasa, de la cual se puede extraer la energía útil para la humanidad, en: residuos agrícolas, residuos forestales, cultivos energéticos y residuos urbanos.

Recursos Forestales y forestoindustriales

Incluyen ambas categorías de biomasa para energía, es decir, residuos y plantaciones energéticas.

En la explotación de los bosques naturales realizada con la finalidad de obtener madera para aserrado o elaboración de pulpa de papel, se producen residuos de las siguientes características:

- Especies no aptas para aserrado o pulpa que se destinan a la producción de leña.
- Residuos de cosecha, raleo, etc., bajo la forma de ramas, despuntes, tocones, etc.
- Residuos de aserradero bajo la forma de cortezas, costaneros, aserrín, viruta, etc.

En los casos en que la explotación forestal está destinada específicamente a la producción de energéticos, se eligen especies que, aunque no tengan características deseables en los otros usos, presentan un rápido crecimiento.

Un ejemplo característico de este tipo de plantaciones lo constituyen los montes de eucaliptos que se destinan a la fabricación de carbón vegetal para siderurgia. Los ciclos de corta y rebrote son en general cortos (3 a 7 años), dependiendo de las especies y del uso energético que se les dará.



Recursos Agrícolas

También en este caso encontramos ambas categorías de biomasa para energía: residuos y cultivos energéticos.

Residuos

Son aquellas partes de la planta cultivada con fines alimenticios y/o industriales que no son útiles para esos usos como la paja de trigo, el rastrojo de maíz, tallos de algodón, etc.

Aún teniendo en cuenta que una parte de estos residuos debe ser incorporada al suelo para mantener sus condiciones de fertilidad y textura, otra porción importante de los mismos puede ser destinada a su utilización energética.

Esta utilización presenta, sin embargo, algunos inconvenientes:

- la explotación agrícola tradicional en Argentina es de tipo extensivo, por lo que la recolección de los residuos se encarece demasiado, quitándole valor económico al mismo.
- su densidad es muy baja, lo que obliga a movilizar grandes volúmenes y recurrir a procesos de densificación para su posterior conversión en energía útil.

Desde el punto de vista técnico, los residuos agrícolas, dependiendo de sus características propias, pueden ser convertidos en energía útil a través de procesos termoquímicos o bioquímicos; su grado de humedad y su contenido de lignina definirán en cada caso el proceso más conveniente.

Cultivos energéticos

Se dice de aquellas áreas cultivadas con el objetivo específico de producir materia energética, como puede ser una plantación de caña o remolacha azucarera para la obtención de alcohol combustible, o bien, una plantación de girasol para la obtención de aceite vegetal combustible.

Aquí se presenta una competencia directa entre la producción de alimentos y de energía, dado que las tierras a utilizar en un cultivo energético deben ser de calidad análoga a las agrícolas. De todos modos, a nivel local puede existir una conveniencia en la implantación de este tipo de cultivos.

El proceso a emplear para la producción de energía, depende fundamentalmente del cultivo de que se trate.

Recursos pecuarios

En este caso, y dejando de lado la energía provista por los animales de tiro (caballos, bueyes, etc.) que no es despreciable, encontramos solamente la categoría de residuos con fines energéticos, que están representados por la deyecciones de los animales.

La conveniencia de la utilización energética de los recursos pecuarios, se ve restringida a aquellos casos en los cuales los animales se crían en zonas limitadas (cría intensiva) debido a las dificultades de recolección que se presentan en extensiones grandes.

Las deyecciones animales son la mejor materia prima para la producción de biogás a través de la fermentación anaeróbica. Aunque estos residuos representan también un fertilizante natural del suelo, la utilización energética de los mismos no afecta el equilibrio ecológico, dado que el efluente que se obtiene como producto de la digestión conserva los nutrientes inalterados, permitiendo su reintegro al suelo y eliminando, en cambio, los elementos potencialmente contaminantes.

Recursos agroindustriales

También aquí se trata de residuos de los procesos de industrialización de productos agropecuarios que pueden ser empleados con fines energéticos. En muchos de los casos, la energía producida con su utilización, resultaría suficiente para abastecer todo el proceso de elaboración.

Ejemplos característicos de este tipo de aprovechamiento son la fabricación de azúcar a partir de la caña, en cuyo caso el bagazo puede alimentar las calderas del ingenio, o el refinado de arroz, en el cual la cáscara puede quemarse para producir vapor y, mediante este, generar electricidad para los molinos y sistemas de transporte y selección.

Otro tipo de residuos agroindustriales lo constituyen los efluentes líquidos de industrias como los ingenios (vinaza), frigoríficos, industrias lácteas (suero), etc. Este tipo de efluentes con alto contenido orgánico, puede ser utilizado para producir biogás mediante su digestión.

Residuos urbanos

Históricamente se han empleado sistemas de incineración y aprovechamiento térmico de los residuos. Así, algunas personas aún recuerdan la imagen de quemar los desperdicios de la casa en lo que entonces se llamaba la cocina *económica*, que funcionaba con carbón, y que muchas veces tenían adosado un horno para hacer pan.

A medida que la sociedad se fue haciendo cada vez más urbana han variado las costumbres adaptándose a las nuevas necesidades de consumo. Con lo que también se ha modificado la composición de la bolsa de basura. Hoy en día ya no tiene cabida esa gestión individual de los residuos en el hogar por su composición, por las implicaciones ambientales e incluso por la propia configuración de las cocinas modernas.

Cuando la cantidad de residuos que se producía en los hogares de las ciudades empezó a representar un problema se organizaron los servicios municipales de recogida y limpieza, siendo los vertederos en general el primer destino que tuvieron dichos residuos. Rápidamente empezó a aparecer un nuevo problema, la quema de las basuras, unas veces voluntario y otras de forma no deseada (muchas veces esto ocurría como consecuencia de la combustión espontánea de los residuos debido a la fermentación de la materia orgánica de los residuos).

Luego empezaron a construirse instalaciones dedicadas específicamente a la incineración de las basuras como sistema de eliminación. Durante años la incineración ha representado una práctica habitual para el tratamiento de los residuos. En Europa los primeros antecedentes datan de 1876 en Gran Bretaña, pero fue en la segunda mitad del siglo XX cuando se produjo un fuerte incremento del número de plantas de incineración de residuos sólidos urbanos.

Hace ya un tiempo que las políticas ambientales conceden la máxima prioridad a la prevención de los residuos, es decir, a la no generación seguida de su reutilización, reciclaje y valorización; dejando para el último lugar su eliminación segura. Muchas políticas en todo el mundo priorizan la llamada minimización, también conocida como **3R, reducir-reutilizar-reciclar**.

Los residuos sólidos urbanos (RSU) poseen una gran proporción de materia orgánica la cual, separada del resto (aprovechable también en gran parte para el reciclado de vidrio, papel, metales, etc.), y convenientemente tratada, puede ser utilizada como combustible para calderas que produzcan vapor de proceso y/o energía eléctrica mediante máquinas de vapor.

Entre los principales sistemas de aprovechamiento energético de los residuos municipales, se pueden citar los siguientes:

- Incineración con recuperación de energía
- Co-incineración en procesos industriales a altas temperaturas
- Biometanización
- Desgasificación de rellenos sanitarios
- Procesos basados en la generación de plasma
- Incineración catalítica
- Gasificación
- Pirólisis
- Termólisis
- Incineración electroquímica.

Cabe señalar que la incineración puede realizarse en dos tipos de instalaciones:

- Las diseñadas específicamente para la destrucción de residuos (el objetivo principal es el tratamiento de los residuos)
- Instalaciones diseñadas para otros fines que por sus características pueden ser usadas en el tratamiento de residuos (por ejemplo: cementeras, ciertas centrales térmicas, etc.). Aquí se persigue la reducción del costo energético mediante la sustitución de los combustibles tradicionales por residuos.

Los “rellenos sanitarios”, instalaciones de ingeniería para la disposición final de los residuos sólidos, también constituyen una fuente de energía, ya que el gas que se genera en los mismos (principalmente metano), una vez recolectado, puede usarse como combustible para la generación de electricidad, y luego distribuirse a través de la red local o para abastecer algún consumidor cercano.

El contenido de metano en el biogás de los rellenos decae en el tiempo, disminuyendo su proporción desde 40-60% en los primeros años hasta 25-45% en los años finales. La duración y tasas de producción de gas varían en el tiempo dependiendo del proceso de degradación natural de los RSU en cada relleno. La vida útil de los sistemas de recolección de biogás puede ser bastante larga (15 años o más), sin embargo la utilización económicamente eficiente de estas instalaciones normalmente se puede sostener sólo entre 3 y 8 años. Existen varias tecnologías para la generación de energía a partir de este biogás: microturbinas, motores de combustión interna, turbinas a gas, ciclo combinado, turbinas a vapor de caldera.

Los residuos líquidos, es decir los efluentes cloacales (domésticos e industriales), a su vez, pueden ser empleados para la generación de biogás por medio de su fermentación anaeróbica (explicada en páginas anteriores)

Es importante señalar que en estos casos, además del aporte energético, se contribuye a solucionar graves problemas de contaminación y degradación ecológica.

Otros Recursos

Como ya se especificó anteriormente, toda materia orgánica es susceptible de ser transformada en energía útil, por lo tanto queda librado a la imaginación el encontrar nuevos recursos y formas de aprovechamientos.

A título ilustrativo, mencionaremos la vegetación acuática, cuya utilización y cultivo, ha sido investigado para la producción de energía. Tanto en el ámbito fluvial y lacustre (camalotes) como en el marítimo (fitoplancton), se han realizado experiencias en este sentido. Luego de la recolección se procede a la fermentación anaeróbica de estos vegetales para la producción de biogás.

Existen también estudios para el aprovechamiento energético a partir de ciertos tipos de biomasa tales como algas verdes, especies de látex ricas en caucho o en resinas, etc.

Un caso que se considera importante mencionar, es el de la producción de aceites vegetales a partir de plantas oleaginosas como el girasol, soja, maní, semilla de algodón, etc.

Biodiesel

Hace un siglo, Rudolf Diesel probó su motor con aceites vegetales como combustible, y en épocas de crisis energéticas se utilizaron aceites vegetales solos o mezclados con gasoil en distintas proporciones.

El biodiesel es un biocombustible líquido, que se obtiene químicamente a partir de aceites vegetales o grasas animales y un alcohol, y se puede utilizar en motores Diesel, solo o mezclado con gasoil.

Cuando se lo utiliza en mezclas con gasoil, la nomenclatura es: Bx; donde “x” es el porcentaje de Biodiesel presente en la mezcla. Por ejemplo, B20 significa que el 20% es Biodiesel, mientras que el 80% restante es gasoil. En consecuencia, B100 se referirá a Biodiesel puro.

La ASTM (American Society for Testing and Materials) define al Biodiesel como éster monoalquílico de cadena larga de ácidos grasos derivados de recursos renovables para ser utilizados en motores Diesel.

Las materias primas para la obtención de Biodiesel son aceites vegetales o grasas animales y alcoholes de cadena corta. Los aceites más ampliamente utilizados son aceite de colza (fundamentalmente en países de la Unión Europea), soja y girasol, aunque también se emplean otros: aceites de maní, palma, lino, nabo, aceites comestibles usados o grasas animales.

El único combustible alternativo que puede utilizarse directamente en cualquier motor diesel, sin requerir ningún tipo de modificación es el Biodiesel. Hoy en día, dichos motores requieren un combustible que al ser sometido a distintas condiciones en las que opera, permanezca estable y por otra parte sea limpio al quemarlo. Al poseer propiedades similares al combustible diesel de petróleo, ambos se pueden mezclar en cualquier proporción, sin generar problema alguno.

Beneficios ecológicos:

- Proviene de un recurso renovable.
- Es bio-degradable.
- Es menos contaminante que el gasoil mineral.
- Reduce partículas (smoke) en más de un 50% y las emisiones de CO₂.
- Está libre de sulfuro, benceno y aromatizantes potencialmente cancerígenos.
- Posee productos derivados del residuo de su proceso como glicerina y fertilizantes orgánicos.

La gran fortaleza que representa el Biodiesel como combustible radica en su posibilidad de generarse a partir de cultivos que en nuestro país son abundantes como la soja y el girasol entre otros, generando un rédito para el sector agrícola y consecuentemente un descenso del desempleo.



Algunos aprovechamientos de energía de la biomasa en la Argentina

En la República Argentina, al igual que en el resto del mundo, se han realizado y se realizan en la actualidad aprovechamientos energéticos de la biomasa.

Uno de los aprovechamientos de mayor importancia es el dedicado a la fabricación de carbón vegetal del cual se hace uso casi exclusivo en la industria siderúrgica instalada en la provincia de Jujuy (Altos Hornos Zapla). El mismo se obtiene fundamentalmente a partir de plantaciones de eucaliptos realizadas con ese fin.

También se utiliza en otras industrias y para uso doméstico, aunque su importancia comparativa es mucho menor.

Otro aprovechamiento significativo es la utilización de bagazo de caña de azúcar como combustible para las calderas de los ingenios azucareros. En algunos casos, este combustible prácticamente permite la autosuficiencia energética de estas industrias.

Relacionada con la caña azúcar podemos mencionar la fabricación de alcohol que, convenientemente deshidratado y dosificado, dio origen a la alconafta, utilizada en cierta época en varias provincias argentinas. Este proyecto no prosperó por llegarse a la conclusión de que desde el punto de vista económico no resultaba satisfactorio para las características del país.

Otros aprovechamientos los constituyen:

- * El uso de leña a nivel doméstico en zonas rurales y semirurales.
- * El uso de leña para calefacción (hogares).
- * El uso de residuos agroindustriales (torta de girasol, cáscara de arroz, etc.) en calderas para producir vapor de proceso.
- * El uso de residuos de aserradero para generar energía en la industria de transformación de la madera.
- * La utilización de LFG (gas metano capturado en rellenos sanitarios) para generación de energía eléctrica
- * La generación de biogás en tambos (este uso en realidad está muy poco difundido).

Es importante destacar que el potencial de aprovechamiento energético de la biomasa en la Argentina es muchísimo mayor a su actual utilización y para su desarrollo futuro es menester realizar una importante tarea de difusión de las posibilidades existentes y de las tecnologías para su uso.

Bibliografía:

- Diagnóstico de la Situación del Manejo de Residuos Sólidos Municipales en América Latina y el Caribe. OPS – OMS (2003),
- Estrategia para la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (ENGIRSU) (2005) - Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable – Ministerio de Salud y Ambiente de la Nación
- Instituto de ingeniería Sanitaria de la Facultad de Ingeniería de la Unviersidad de Buenos Aires - CEAMSE (2005 / 2006 / 2007 / 2008 / 2009) Estudio de Calidad de los RSU de la Ciudad de Buenos Aires, Instituto de Ingeniería Sanitaria de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires – CEAMSE.
- Instituto de ingeniería Sanitaria de la Facultad de Ingeniería de la Unviersidad de Buenos Aires, (2001), Estudio de Calidad y Gestión de los Residuos Sólidos Urbanos de la Ciudad de Buenos Aires.
- Instituto de ingeniería Sanitaria de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires, (2003), Gestión de los Servicios de Higiene Urbana: El Caso de la Ciudad de Buenos Aires, Instituto de Ingeniería Sanitaria de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires.
- Ley de Presupuestos Mínimos sobre Residuos Sólidos Domiciliarios – Ley 25916.
- Robinson William (1986), The Solid Waste Handbook, John Wiley & Sons.
- Tchnobanoglus, G. (1977), Gestión Integral de los Residuos Sólidos, Mc Graw-Hill.
- Tchnobanoglus, G. (1994), Gestión Integral de los Residuos Sólidos: Principios de Ingeniería y Aspectos de la Gestión, Mc Graw-Hill.
- University of Wisconsin (2002), Solid Waste Landfills Correspondence Course, Madison, USA
- JICA, Experiencia de Japón: gestión de desechos sólidos.
- Martínez Centeno, L.M. (2002). Incineración de residuos sólidos urbanos. Master en gestión y administración ambiental. Fundación Biodiversidad. Madrid, España.
- ARS (Asociación para el Estudio de los Residuos Sólidos – Argentina) – (2004), Manual para la Gestión de los Residuos de Establecimientos de Salud
- CFR (Code of Federal Register) (1995), Protection of Environment: 40 Parts 260 to 299, U.S. Government Printing Office
- Cross F.L., Handbook on hospital solid waste management, Technomic Pub, Co.
- Freeman, H. (1993), Standard Handbook of Hazardous Waste Treatment and Disposal, Mc Graw-Hill, USA.
- La Grega M., Buckingham P, Evans J. (1996), Gestión de Residuos Tóxicos: Tratamiento, Eliminación y Recuperación de Suelos, Mc Graw Hill.
- Lee, C.C. (2000), Handbook of Environmental Engineering, Mc Graw Hill.
- Ley Nacional sobre Residuos Peligrosos – Ley 24051 y Decreto Reglamentario N° 831/93
- Ley 11.347 (Provincia de Buenos Aires) para el Tratamiento, Manipuleo, Transporte y Disposición Final de Residuos Patogénicos – Decretos 403/97 y 450/95.
- Martin W., Lippitt, Prothero T. (1992), Hazardous Waste Handbook for Health and Safety, Butterworth-Heinemann.
- SECRETARÍA DE ENERGÍA DE LA NACIÓN: Contenidos didácticos.
- El recorrido de la energía: Biomasa, EDICIÓN PARA LA COMUNIDAD DE MADRID, DIRECCIÓN: Carlos López Jimeno, Director General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid
- “Combustibles alternativos”, Silvia Daniela Romano – Erenio González Suarez – Miguel Ángel Laborde.
- www.biodiesel.com.ar