

Valorización de los residuos de plásticos.

Miguel de Santiago

Academia de la Ingeniería de la Provincia de Buenos Aires
Noviembre 11, 2010

Introducción: Esta exposición continúa una serie de reuniones programadas por la Academia de la Ingeniería de la Provincia de Buenos Aires para promover el análisis de temas tecnológicos que afectan el desarrollo de la Argentina.

El temario de la charla es el siguiente:

- La disposición de residuos urbanos, tema de ingeniería?.
- La disposición de residuos y la contaminación ambiental.
- Los plásticos: el malo de los residuos urbanos?
- Procedimientos de disposición de los residuos urbanos.
- Valorización de los residuos urbanos. Reciclo de materiales. Incineración con recuperación de energía.
- El ciclo de vida de los productos, determinante en su diseño.

1. La disposición de residuos urbanos: tema de ingeniería?

Una vieja definición de ingeniería dice que es la actividad donde el conocimiento de ciencias exactas, físicas y naturales es aplicado a fines útiles.

Esta definición tiene dos partes: por un lado las herramientas de trabajo que constituyen el conocimiento (descubierto o desarrollado por los científicos y también sus métodos de investigación puesto que si para desarrollar una aplicación no se encuentran los conocimientos necesarios en la bibliografía, el ingeniero deberá desarrollarlo mediante investigaciones específicas siguiendo el método científico.

Por otro lado: la aplicación a fines útiles define los objetivos, la importancia y el valor del trabajo ingenieril.

La utilidad de una obra de ingeniería se debe demostrar por un trabajo minucioso de evaluación.

Para ello se deben calcular los beneficios directos de la obra a los comitentes, más las consecuencias indirectas a terceros o a la sociedad en general. (externalidades) no solo por la realización de la obra sino también por los costos en que se debería incurrir por no hacerla. Una evaluación es siempre una comparación entre dos proyectos alternativos, uno de los cuales puede ser no hacer nada.

Como ejemplo mencionaremos el proyecto y realización del “Metro” de la Ciudad de Washington (DC USA).

Esto ocurrió en los años 70, comenzando a funcionar en un pequeño tramo (Farragut West – Pentagon) en Otoño de 1977 (hemisferio norte). Este proyecto fue aprobado sabiendo que nunca podría por sus ingresos recuperar la inversión. Claro que de no hacerlo deberían construirse una serie de autopistas radiales y demoler algunas manzanas céntricas para construir edificios para estacionamiento de vehículos, afrontando cuantiosos gastos. Además era previsible un serio problema de contaminación ambiental por los gases de escape de automóviles y buses. La experiencia de estos 30 años pasados ha demostrado la viabilidad del proyecto cuyos ingresos solo cubren los gastos de operación y mantenimiento.

Otro ejemplo: en la figura siguiente se observa el edificio más alto del mundo (aprox. 680 metros). El Burj Khalifa en Dubai.



Si se pudiera volver atrás al momento de decisión de hacer el proyecto, se observaría que de no hacerlo no se originaría ningún costo por su no concreción. Por ello la evaluación solo se concentraría en los costos de inversión, de operación y los beneficios por ventas y servicios.

Como un **tercer ejemplo** (en este caso virtual) piénsese que repentinamente el Gobernador de la Ciudad de Buenos Aires decidiera no ocuparse más de la recolección de los residuos urbanos. No habría de pasar sino unos pocos días en que la basura amontonada en las calles impediría la circulación, taparía los

desagües y los olores más nauseabundos se esparcirían por la Ciudad. Sería una verdadera catástrofe. La opción de no hacer nada debería considerarse como de costo infinito.

En un principio las casas tenían sus facilidades para enterrar o quemar la basura para lo que se necesitaba terreno libre de edificaciones. En las grandes ciudades y mucho peor en las actuales megalópolis con sus grandes condominios y rascacielos, no existe esa posibilidad. En este caso, las evaluaciones deben realizarse comparando los costos y beneficios (directos y externalidades) de las alternativas de solución aceptables, puesto que la alternativa de no hacer nada no es factible.

No es una tarea fácil.

2. La disposición de residuos y la contaminación ambiental.

Es universalmente aceptado que el mal manejo de los residuos urbanos puede originar serios problemas de Contaminación Ambiental.

Nota: consideramos como contaminación ambiental a una perturbación del medio ambiente que provoca inconvenientes materiales o físicos, o desconfort al hombre.

Las experiencias de los seres humanos en este sentido aparecen ya en épocas pretéritas y casi siempre en las Ciudades. Se traducían en Pestes o Epidemias cuyo origen era desconocido y sumergían a la población en situaciones de pánico e histeria colectiva. Los Sacerdotes locales solían atribuir la desgracia a Castigos Divinos por los pecados del hombre. Esto es un razonamiento estadísticamente falso pues si bien podemos suponer que no habría hombres libres de pecado no se establecía una relación causa efecto.

Nota: Este razonamiento se sigue usando por los agitadores sociales. Si hay una ola de calor se debe al efecto invernadero por el aumento del CO₂ en la atmósfera. Claro que si hay una ola de frío catastrófica, la culpa también es del CO₂. En lugar de efecto invernadero se hablará ahora del cambio ambiental. /sin retirar la acusación al CO₂. Así tendrá el mismo tratamiento la aparición de un huracán o de lluvias e inundaciones. Todos fenómenos que siempre han existido cuando no había exceso de CO₂

En el siglo XIX epidemias de cólera asolaban todas las grandes ciudades europeas (hacia 1830 se estimaban 300000 fallecimientos anuales). En la Ciudad de Buenos Aires son muy recordadas las epidemias de Cólera y de Fiebre Amarilla.

El avance de la ciencia, pudo demostrar en Londres (siglo XIX) que la epidemia de cólera se debía a la contaminación del agua potable por los residuos fecales.

Esto puede considerarse como uno de los grandes hitos en el desarrollo de la sociedad humana. La ciencia se ganó un merecido prestigio y apoyo a sus trabajos. Se desarrolló la ingeniería sanitaria y se pudo seguir cometiendo pecados sin remordimiento.

2.1. Principios fundamentales.

Existen algunos principios científicos fundamentales que son imprescindibles en el análisis de los fenómenos y procesos de la contaminación ambiental, pero que sin embargo suelen ser sistemáticamente ignorados. Los mencionaré en un orden arbitrario sin considerar su relativa importancia.

- i. **La cantidad de materia es una variable conservativa. No se crea ni desaparece materia, solo se transforma o se transporta. (sufre cambios de composición, de contenido de energía o de estado de agregación).**

Esto es conocido como el principio de conservación de la materia y es el concepto básico de la ingeniería química.

Sin embargo se suele creer que cuando uno ingiere agua, esta desaparece. Igualmente cuando un material orgánico se quema este desaparece en su mayor parte (quedan algunas cenizas). En este caso ha ocurrido que un material complejo se ha fraccionado en pequeñas partes combinado con oxígeno del aire produciendo principalmente CO₂ y H₂O.

Cuando una semilla germina y se transforma en un árbol, solo toma de ella la información genética. Para su crecimiento tomará de la atmósfera el CO₂, de la tierra tomará el Agua y otros materiales y con la energía que toma del sol sintetiza los materiales orgánicos complejos que lo constituyen.

El balance global de los elementos básicos no se altera en ninguno de los tres ejemplos mencionados.

- ii. **Cualquiera sea la actividad que realice el hombre (incluso vivir) habrá de generar residuos que volcará al medio ambiente. (No hay actividades ni tecnologías limpias).**

El hombre para vivir necesita alimentos, agua y aire (oxígeno). En todos los materiales alimenticios lo que hace es seleccionar las partes útiles y agradables y desecha las restantes. Asimismo en la digestión de los alimentos los destruye generando energía y algunas sustancias más sencillas a partir de las que sintetiza las células que debe reemplazar. Con un proceso de oxidación en la sangre genera finalmente la energía que necesita para moverse, trabajar y las demás funciones vitales. Si no estamos aumentando de peso, toda la materia que ingerimos es devuelta al medio ambiente, degradada y prácticamente inútil. Finalmente (e inexorablemente) con la muerte, el 100% de nuestro cuerpo se convierte en un residuo.

Lo mismo ocurre con los aparatos de todo tipo que el hombre utiliza. Un automóvil se construye a partir de materiales seleccionados, que ya han originado gran proporción de residuos. Luego en operación consume combustible que se transforma en residuos gaseosos que van a la atmósfera. Los materiales se gastan y se aplican piezas de repuesto desechando las piezas originales. Finalmente cuando su rendimiento no es suficientemente bueno y seguro, se lo desecha convirtiéndose totalmente en un residuo. Así la vida del hombre resulta ser una continua producción de residuos, los que por su magnitud debe tratar de ordenar y reciclar.

iii. **Los recursos naturales son finitos. La supervivencia del hombre depende de un uso eficiente de los recursos y de su regeneración. Para ello el hombre solo cuenta con la energía del sol y su inteligencia.**

El desmesurado crecimiento de la población humana y la consiguiente necesidad de recursos naturales que habrá de degradar para obtener principalmente energía para sus funciones vitales, lo ha puesto en la evidencia que los recursos del planeta le pueden ser escasos. De aquí la necesidad de ser más eficientes en el uso de recursos, no dilapidarlos y si es posible reciclarlos. Para esto último utiliza una fuente de energía externa e inextinguible: la radiación solar.

iv. **Todo material que se incorpore al medio ambiente puede ser contaminante si supera un cierto umbral de concentración.**

Por debajo de dicho umbral el material puede ser inocuo e inclusive beneficioso. Para algunos materiales este umbral crítico puede ser alto pero para otros puede ser muy bajo.

Este principio tiene una posible explicación en un principio básico de la teoría de juegos y que es conocido como de la **muerte del jugador**. El jugador que apuesta contra el casino, si las probabilidades de ganar multiplicadas por la recompensa en cada apuesta son iguales al monto de la misma, luego de un número grande de juegos tendría que terminar su jornada sin mayores cambios en su capital que tenía al empezar a jugar. Se habría cumplido el principio de la media aritmética de la distribución de Gauss.

Nota: la presencia del cero en la ruleta modifica levemente este principio, pero no es más que un pequeño impuesto al jugador por las comodidades que disfruta. El casino no vive del cero.

Durante el juego pueden ocurrir series de apuestas perdidas o también de apuestas exitosas durante las cuales el jugador puede acumular ganancias o pérdidas.

Cuando la serie es perdedora el jugador se puede quedar sin su capital y no puede seguir jugando. (Muerte del jugador). De esta manera se producen las grandes ganancias de los casinos.

Algo similar ocurre con los tóxicos: el ataque de una molécula tiene probabilidades de tener éxito o no. Si la concentración no es suficiente puede que

se agote y no pueda continuar actuando o lo haga sin suficiente fuerza. Por ello necesita una cierta concentración inicial para hacer efectiva su toxicidad.

Ejemplos de umbrales mínimos se encuentran frecuentemente. Un caso reciente, aunque seguramente ignorado por mucho tiempo es la presencia de Arsénico en las aguas subterráneas utilizadas como agua potable en el norte de la Provincia de Buenos Aires, Entre Ríos, Santa Fe que causan mucha preocupación y hasta cierto pánico. A pesar de su fama como veneno utilizado en crímenes en ámbitos familiares, seguramente hará más de 100 años que se convive con el peligro (ignorándolo). Ahora pueden aparecer enfermedades extrañas, que algunos médicos atribuyen al arsénico sin prueba alguna de que así sea.

Un ejemplo curioso ocurre (al menos es mi experiencia personal) en el sudoeste de la Provincia de Buenos Aires, en el límite con La Pampa. Los habitantes de la zona tienen los dientes manchados como si fueran fumadores empedernidos. Con el pasar de los años los dientes se deterioran fuertemente. La causa es alto contenido de Fluoruros en el agua subterránea. Lo llamativo es que está comprobado que el Fluor fortalece los dientes evitando las caries y existen tratamientos odontológicos a base de fluor, dentífricos con fluor y hasta se ha recomendado agregar fluoruros al agua potable. Este es un ejemplo de un material que debajo de un cierto umbral de concentración es beneficioso pero en exceso es altamente perjudicial.

Otro ejemplo similar es el del CO₂ que los agitadores sociales han convencido a la población que es un veneno que nos puede llevar al apocalipsis. Sin embargo el verdadero apocalipsis se produciría si no hubiese CO₂ en la atmósfera y disuelto en el agua de los océanos. En la atmósfera el CO₂ es el principal material junto con el agua que toman del suelo para la síntesis de los materiales vegetales. Lo mismo ocurre con el fitoplacton que constituye la base de la cadena alimentaria en el mar, como lo son los vegetales en la tierra. Además si no existiera el CO₂ en la atmósfera, la temperatura del aire caería a niveles más bajos que 20°C bajo cero. (Lo cual haría imposible la vida humana).

Del principio iv se establecen los siguientes **corolarios**:

- a) La solución a la contaminación es la dilución.**
- b) La contaminación se favorece con la acumulación.**

En la protesta contra la fábrica Botnia de pasta de celulosa, los ambientalistas exigían hacer los controles dentro de la fábrica, puesto que si lo hacían afuera, los fenómenos de difusión y dispersión molecular harían indetectable la contaminación a pocas decenas de metros, y mucho menos a los kilómetros que se encuentra la ciudad de Gualeguaychú. Y lo que no se puede medir o detectar no puede causar daño alguno.

Otro ejemplo: una ONG consiguió dinero gubernamental para recoger las pilas gastadas con el objeto de disponer de ellas sin contaminar el medio ambiente. Está comprobado que ciertos metales utilizados en las pilas son fuertemente tóxicos, como el Cd, el Hg y el Pb. Con esfuerzo juntaron unas 20 toneladas de pilas usadas. Si cada uno hubiera tirado sus pequeñas pilas dentro de las bolsitas de basura, nada hubiera ocurrido. Esos metales con tal grado de dispersión no tendrían efecto alguno. En cambio 20 toneladas de pilas, constituyen una bomba ecológica y nadie tolera su enterramiento. Vemos así como la concentración favorece la contaminación.

Los principios aquí señalados, permitirían analizar los problemas de la disposición de residuos y tomar decisiones con racionalidad. Es común encontrarse frente a situaciones de conflicto. A menudo nos encontramos con personas que claman por el cierre (o no construcción) de fábricas, argumentándose que los efectos sobre el medio ambiente serán a largo plazo letales para la gente que habita el lugar. La pregunta en estos casos es: si no hacemos nada, que pasará?, La respuesta lógica es para que queremos un ambiente absolutamente limpio si no hay trabajo y deberemos emigrar a otros países o lugares para trabajar. En el principio ii se estableció que toda actividad del hombre necesariamente producirá abundantes residuos, por lo que la solución es producir el mínimo de residuos y que estos sean lo menos tóxicos que sea posible.

2.2 Estructura y clasificación de los residuos.

Los residuos que produce la sociedad humana se pueden clasificar en:

- **Sólidos.**
 - * Biodegradables (en presencia de humedad y eventualmente oxígeno).
 - * Sólidos secos (combustibles).
 - * Sólidos minerales o metálicos. (no combustibles)
- **Líquidos.** (incluyendo materia disuelta o dispersa).
- **Gases y vapores.** Gases de combustión, tratamientos térmicos, (CO₂, vapor de agua, CH₄, N_xO_y. Olores, gases tóxicos (Cl, NH₃, BTX (aromáticos))

Por orígenes de los residuos sólidos.:

- **Residuos domiciliarios** RSU (consecuencia de las necesidades vitales de los hombres). Incluye oficinas, restaurantes, comercios.
- **Residuos industriales** (Pueden ser específicos para cada actividad). Incluye agroindustria y de minería.
- **Residuos naturales.** Incluye explotaciones agropecuarias.
- **Residuos patógenos.** Fundamentalmente residuos de hospitales y laboratorios que pueden ser vehículos de enfermedades contagiosas.

Las características económicas, las características físicas, las costumbres y la legislación aplicada en los distintos lugares hace que la conformación de la basura pueda ser muy

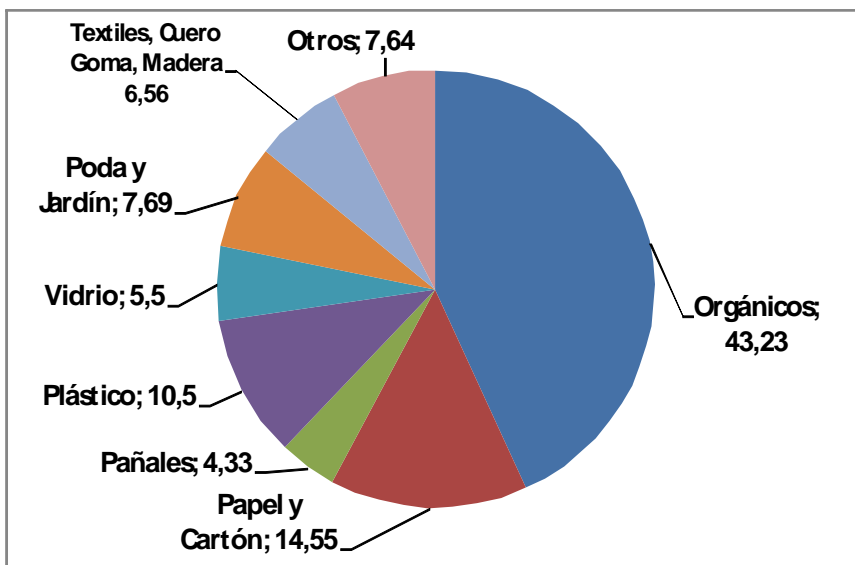
diferente de un lugar a otro e inclusive en un mismo lugar registrarse variaciones fundamentales en pocos años.

Los residuos sólidos urbanos RSU son generalmente el problema complejo en donde las soluciones pueden hacerse ineficientes con el crecimiento de las poblaciones.

Los residuos industriales, deben ser tratados por las mismas industrias que los producen y en no pocos casos tienen el tratamiento de un producto más en la línea de producción.

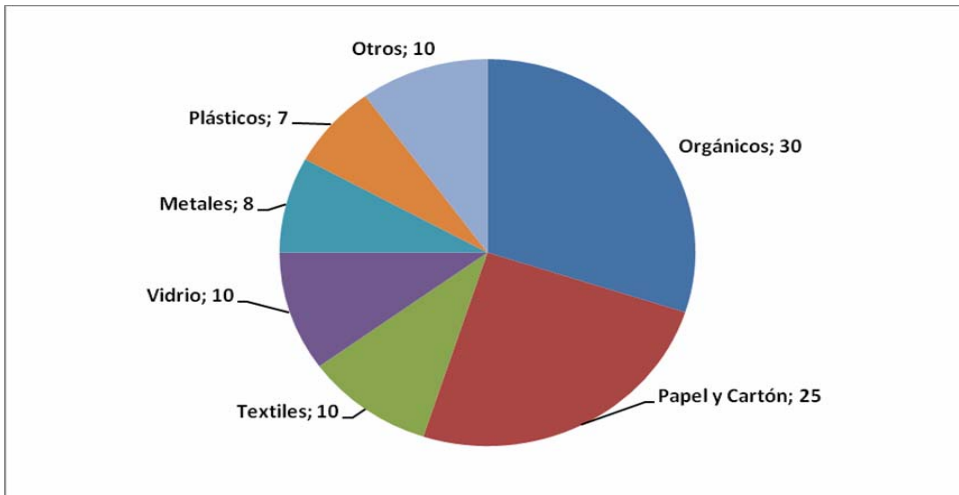
La actividad de pequeñas industrias es más compleja pues a menudo no pueden afrontar el costo de tratamiento de sus propios residuos.

En el gráfico siguiente se muestra la distribución de los RSU de la Ciudad de Buenos Aires, realizada por un equipo de investigación de la UBA en 2006. Esta distribución es notoriamente diferente de las encontradas por el CEAMSE hacia el año 1996



Ha influido en esta distribución la invasión a la ciudad de los llamados cartoneros revisando y separando los residuos, previo a la carga de los camiones recolectores. El plástico tiene poco interés para ellos en razón que ocupa mucho volumen por peso y rinde poco beneficio. En cambio los cartoneros prefieren separar metales, papel y cartón

En Europa la composición de los RSU se presenta en el gráfico siguiente



En este gráfico los plásticos tienen menos participación y su baja es ocupada por los metales, el vidrio y el papel y el cartón. Los orgánicos disminuyen, lo que posiblemente se corresponda con su alto valor y la comercialización sin inclusión en los RSU de partes no útiles.

En Estados Unidos de Norte América los RSU no incluyen orgánicos, pues los restos de comida se envían al sistema de cloacas pasando por un molino de martillos, obligatorio en la pileta de la cocina. Esto es un gran auxilio para el mejor tratamiento de los RSU, los que solo incluyen materiales secos.

3. Los plásticos: el malo de los residuos urbanos?

Dentro del abanico de materiales de residuo, el plástico es el más vilipendiado, porque tiene muy larga vida en la intemperie.!!!

Sin embargo: vidrio, cerámica, metales e incluso papel y cartón también tienen larga vida.

Nota: una lata tarda entre 30 y 100 años en degradarse. Un envase de aluminio 400 años. El vidrio tiempo infinito. Plásticos en el orden de 500 años.

Antes de las bolsitas de plástico, en los inicios de la posguerra. U.S.A tenía sus playas y parques naturales plagados de residuos: latas vacías, bolsas de papel, botellas de vidrio, residuos de alimentos. Se hizo una gran campaña publicitaria, con voluntarios se limpiaron los sitios contaminados, se instalaron tachos de residuos por doquier que eran vaciados regularmente por personal contratado. Se colocaron instalaciones sanitarias y se educó a los niños para mantener una América Limpia. Esta campaña publicitaria tenía como emblema un oso disfrazado de guardaparque que se hizo muy popular, La campaña fue muy exitosa. La conclusión es obvia.

La dispersión de residuos en los espacios públicos es una cuestión de educación de la gente.

Hay materiales que pueden ser peligrosos, que pueden ocasionar inconvenientes en servicios (desagües, rutas), que ocasionan olores o manchas en la vestimenta, etc. Estos inconvenientes son característicos de diferentes materiales que tienen una característica común. No deberían ser arrojados al espacio público.

El juicio del comportamiento de cada material debe hacerse en función de los métodos de disposición en uso.

4. Procedimientos de disposición de los residuos urbanos.

Los residuos domiciliarios son sometidos a los siguientes tratamientos:

- basurales a cielo abierto.
- relleno sanitario.
- incineración con recuperación de energía. (Separar materiales reciclables).
- reciclado de materiales separables: latas, vidrio, papel, cartón y plásticos.
- compostaje de materiales biodegradables.

Políticas alternativas o complementarias.:

- disminución de la cantidad de residuos.
- reuso de materiales (envases y contenedores).
- separación en origen.

4.1. Basurales a cielo abierto,

El basural a cielo abierto es una vieja técnica que no puede ya admitirse. Sin embargo es aún muy usado en los países en vías de desarrollo y en poblaciones menores.

Los principales Inconvenientes de este procedimiento son:

Contaminación de napas de agua, proliferación de insectos y roedores. Emanaciones de olores de putrefacción. Dispersión de materiales livianos por el viento (papel y plásticos). Se suele recurrir al fuego para disminuir la presencia de animales, con amplia producción de humo y gases tóxicos.

Degradación de los sitios, que una vez abandonados son difíciles de recuperar.

Un tema no menor es la presencia de familias que revuelven la basura (cirujas, cartoneros) buscando materiales con algún valor de venta. Esto no es una forma de vida digna.

4.2. Rellenos sanitarios.

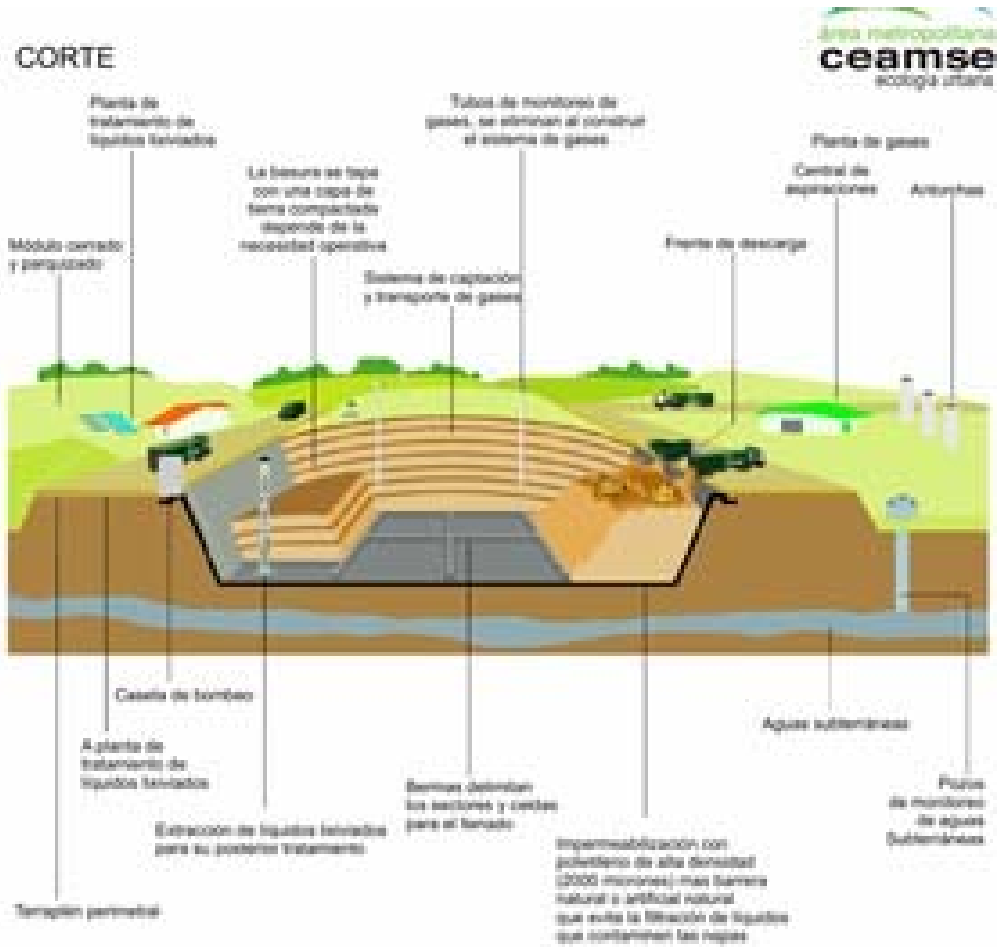
El relleno sanitario es una mejora sobre el basural.

La primera diferencia es que el campo donde se deposita la basura está cercado y vigilado. La administración del sitio tiene una fuerte base tecnológica y requiere recursos de ingeniería importantes para el manejo de suelos.

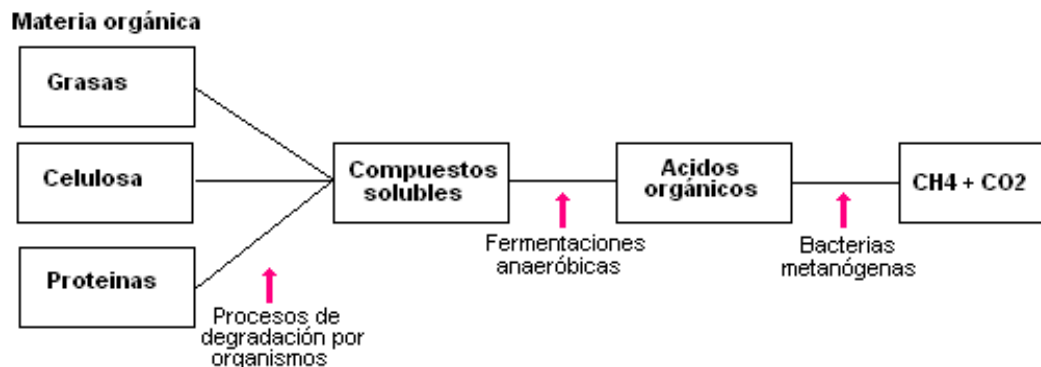
Los residuos se depositan en capas de 20 a 40 cm y se alternan con capas de tierra de espesores similares. El procedimiento se repite varias veces hasta que finalmente se agrega una capa de tierra cultivable. La tierra se obtiene principalmente de las excavaciones realizadas para el desarrollo del sitio

El fondo de la excavación se modela y se cubre con plásticos para facilitar la extracción de líquidos.

En la figura siguiente se presenta un esquema de un relleno sanitario:



La materia orgánica sufre dentro del relleno un complejo proceso de degradación en condiciones preferentemente anaeróbicas.



En el relleno los únicos residuos que sufren transformaciones son los de materia orgánica. El papel (como un material celulósico) puede digerirse siempre y cuando esté disgregado y disperso en el relleno. Un libro o una revista, o un paquete de diarios pueden permanecer en el relleno por largos períodos (40 o 50 años) sin experimentar un gran deterioro.

Las latas, plásticos, vidrio, textiles sintéticos no sufren degradación biológica y debe evitarse la introducción de piezas grandes (mayores de 10 cm). Por tanto, es necesario someter a los residuos a un proceso previo de selección de materiales para reciclar y a una molienda que permita un depósito ordenado.

La principal ventaja de los rellenos es que al fin del proceso se entrega un parque forestado para usufructo de la gente. Claro que el proceso completo lleva mucho tiempo con muchas molestias: polvo que vuela, olores nauseabundos, aguas contaminantes que requieren tratamiento, emisión de gases de invernadero CH₄ y CO₂

Con respecto al basural la ventaja es que se eliminan los insectos, roedores y humos. La gente que revolvía la basura para separar material para reciclaje no tiene participación en el relleno, aunque el sistema es creador de empleos.

Los mayores problemas de los rellenos sanitarios son encontrar terrenos aceptables y la resistencia de los vecinos del sitio elegido. Cada vez se hace más difícil la utilización de esta técnica por lo que tiende a desaparecer.

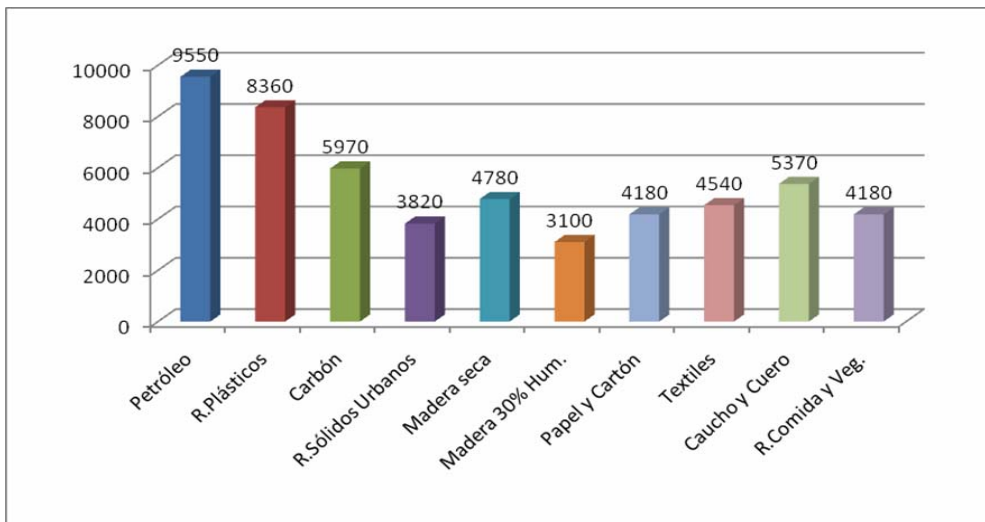
4.3. Incineración con producción de energía.

Actualmente es el método preferido en los países desarrollados aunque hay una fuerte oposición de los ideólogos ecologistas. Antiguamente (en el siglo XX) se han utilizado instalaciones de incineración sin producir energía. El cambio se origina en el progresivo cambio de la composición de la basura disminuyéndose la proporción de residuos húmedos. La preferencia actual por este método se debe a la falta de espacio

para rellenos y el alto costo de los combustibles fósiles.

En si se trata de una usina de producción de energía con combustible sólido en la que se debe prestar especial atención al control de las emisiones de los gases de combustión.

En la figura siguiente se presenta en forma comparada el poder calorífico en Kcal/Kg del petróleo y de un carbón típico contra diversos materiales de los RSU.



Se observa que en promedio, los residuos urbanos tienen un relativamente bajo poder calorífico, siendo este uno de los factores que elevan el costo de la energía producida.

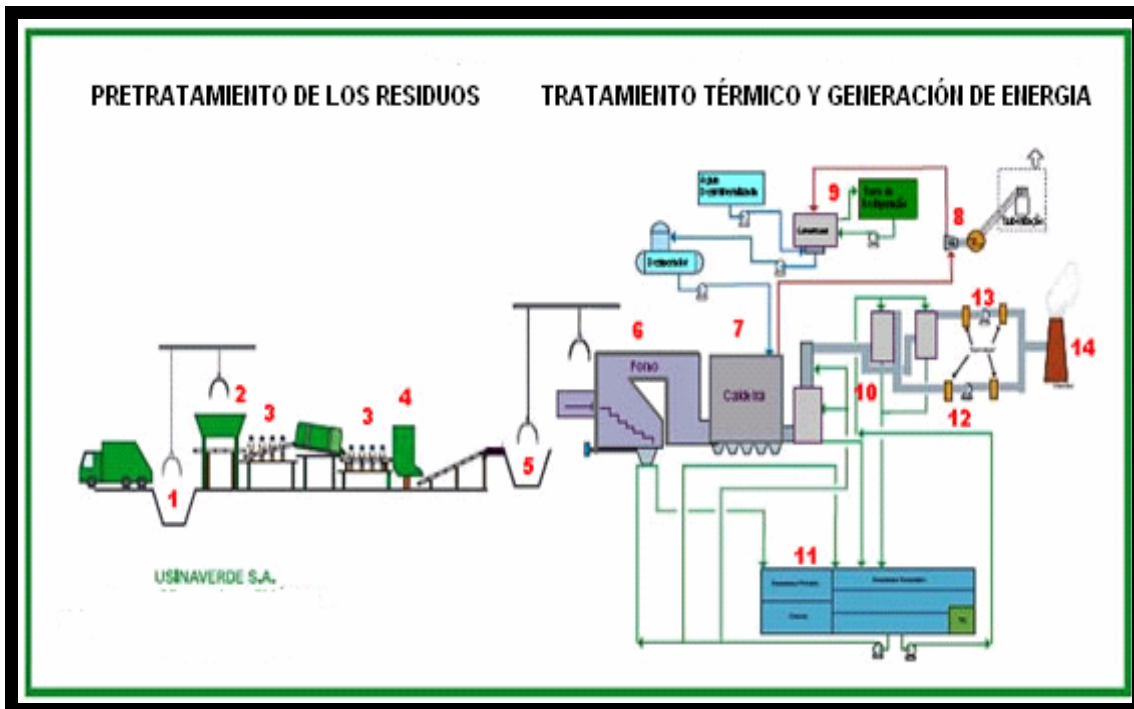
Sin embargo, puede observarse que los plásticos exhiben un alto valor de poder calorífico, que se acerca al del petróleo y supera ampliamente al del carbón. Por tanto el uso de las bolsitas de plástico como contenedor (envase) de los RSU es altamente recomendable.

A continuación se presenta un desarrollo de tecnología nacional en Brasil conocido como Usina Verde.

Un grupo de industriales privados constituyeron una sociedad (con el nombre de Usina Verde) que con franco respaldo de Organismos Gubernamentales, incluso financieros encargaron al Instituto de Posgrado en Ingeniería COPPE - UFRJ el desarrollo de una tecnología de incineración de RSU con producción de energía en una dimensión modular que pudiera ser aplicada en la mayoría de las ciudades brasileras. Del estudio realizado se decidió diseñar un módulo para tratar 150 ton/día de RSU. En función de este módulo se proyectaron todos los equipos para ser construidos en empresas del país.

Como demostración de la tecnología se construyó una planta piloto para 30 tn/día, la que está funcionando y produce energía para uso propio del Instituto.

En la figura se presenta un esquema del proceso:



El primer concepto a destacar es la importancia que tienen las instalaciones de preparación del material combustible. Se necesita separar los materiales de un tamaño relativamente grande, los reciclables y los no combustibles. Se requiere una molienda y homogeneización de los residuos previo a la carga al horno. En el horno se alcanzan temperaturas de 950 a 1050 °C con un tiempo de residencia mínimo de 2 seg. Esto asegura un mínimo de Oxinas y Furanos. Se producen 8% de cenizas que van al fondo del horno y se retiran en forma continua. La caldera produce vapor a 45 bar y 420 °C que va al turbogenerador. Se producen 0,6 MW por Tn de basura. Otra característica del proyecto son las instalaciones de tratamiento de las emisiones gaseosas. Se deben enfriar los gases de combustión y lavarlos para evitar cualquier emisión de materiales tóxicos.

En el cuadro siguiente se presentan estimaciones de rendimientos:

Capacidad tratamiento RSU (Ton/día)	ENERGIA ELECTRICA GENERADA			Residencias servidas a media de 140 kWh/mes
	POTENCIA EFECTIVA	ENERGIA EXPORTABLE		
		Mwh/d	Mwh/año	
150 1 módulo	3,2 MW	62,4	21.216	13.370
300 2 módulos	6,4 MW	124,8	42.432	26.740
600 4 módulos	12,8 MW	249,6	84.864	53.480

Sin duda no es la solución al problema de escasez de fuentes de energía, pues no es suficiente y los costos son altos, pero téngase en cuenta que debe valorarse contra el procedimiento alternativo de tratar los RSU. De esta manera, la incineración de los RSU puede considerarse como una de las fuentes alternativas de energía viables.

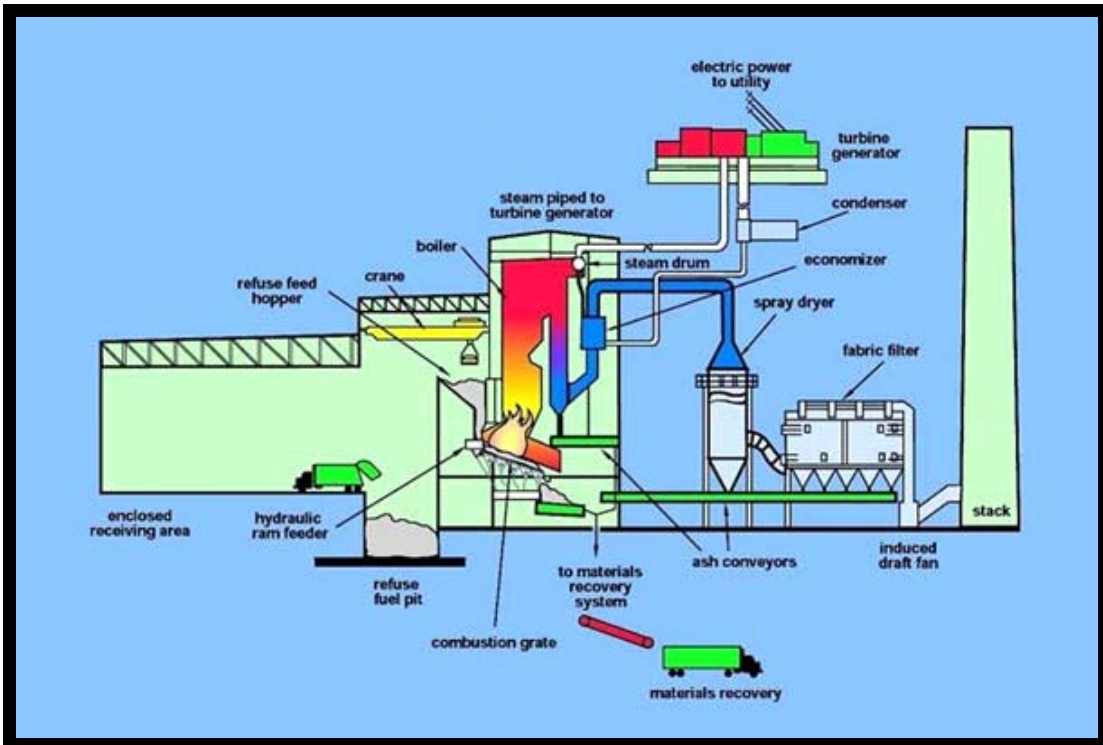
Otro ejemplo de manejo tecnológico lo constituye la Planta de combustión de RSU con recuperación de energía de Madrid.

La capacidad es de 600 Tns/día de RSU con un poder calorífico inferior de 3.500 Kcal/kg. Los residuos son el rechazo de dos plantas de recepción y separación (42% de los RSU). En estas plantas se separan los materiales reciclables y los no combustibles. Los residuos destinados a la usina son molidos y homogenizados, regulándose el Poder Calorífico mediante inclusión de residuos de plásticos. El horno es del tipo de lecho fluidificado alcanzando temperaturas mayores a los 850 °C durante un mínimo de 2 segundos y en presencia en exceso del 6 % de oxígeno (cumpliendo así normas de destrucción de dioxinas y furanos.). Se producen 400 Kwh por Tn de RSU. La capacidad de generación es de 29 MW , 6 MW son de consumo propio y el resto, 23 MW, se envían a la red de consumo.

Una ciudad de 1.000.000 habitantes que genere unas 1000 Tns/día de RSU (con 12 a 15 % de residuos plásticos) y destina a combustión con generación de energía el 30 % del RSU generado (300 Tns/día) puede generar 5,0 MW de potencia eléctrica. Esto cubre el consumo de 18000 hogares (200 Kwh/hogar.mes). Aproximadamente unas 72000 personas (7,2 % de la población).

La inversión de la planta de recuperación energética se estima en 100 millones de Euros, Una tercera parte de la inversión se destina a limpieza y purificación de los gases de combustión.

En la figura se muestra esquemáticamente la instalación destacándose nuevamente la importancia de las instalaciones para tratamiento de las emisiones gaseosas. Como se dijo la preparación del combustible se realiza en instalaciones separadas. En la usina solo hay una playa cubierta de recepción de camiones y un depósito pulmón para la carga continua del combustible (preparado con los RSU).



En el cuadro siguiente se muestran algunos valores de emisiones de las plantas de incineración de residuos urbanos comparadas con plantas de combustibles fósiles:

EMISIONES A LA ATMOSFERA DE PLANTAS DE INCINERACIÓN DE RSU COMPARADAS CON PLANTAS QUE USAN COMBUSTIBLES FÓSILES. (Kg/Mwh)

Tipo de Combustible	Dióxido de Carbono	Dióxido de Azufre	Oxidos de Nitrógeno
Carbón	1020	5,9	2,7
Petróleo	758	5,4	1,8
Gas Natural	515	0,045	0,77
R.S.U.	380	0,36	2,45

El valor consignado como emisión de CO₂ de las R.S.U. no es creíble. Probablemente corresponda al valor de emisión adicional al que se produciría de todas maneras en un relleno.

Nota: este tipo de razonamientos es muy complejo y generalmente aparecen con motivo de pretender certificados de ahorro de CO₂ del acuerdo de Kyoto. Esto supondría que la energía producida eliminaría o disminuiría el uso de una fuente de energía basada en combustibles fósiles.

El valor de emisión de SO₂ es lógico pues el azufre no es abundante en los RSU. En cuanto a la emisión de NxOx es relativamente alta en razón de la relativamente baja

temperatura que se alcanza en los hornos de combustión, dado el bajo poder calorífico de los residuos urbanos.

4.4. Reciclado.

El objeto del reciclado de desechos es ahorrar materias primas y energía. También se disminuyen costos de materiales que se reingresan al mercado y además se evitan emisiones. La obtención de resultados económicos positivos en el cumplimiento de estos objetivos es imprescindible para justificar una operación de reciclado.

El reciclado se aplica principalmente al vidrio, papel y cartón, metales y plásticos.

Los desechos de vidrio se agregan al horno ahorrándose energía en un 30% especialmente en las operaciones de minería. Excepto que se realice una clasificación cuidadosa por color, la mezcla global suministra un vidrio de botella de color oscuro ambar. Los residuos de vidrio se deben lavar y triturar.

El papel reemplaza parcialmente pasta de celulosa y produce un papel de menor calidad. Papel tissue, Higiénico. Se ahorra energía en la preparación de la pasta de celulosa.

Los metales se cargan al cubilote con control químico. Se producen aceros de la calidad que se quiera. Las altas temperaturas eliminan materia orgánica. Disminuye costos.

En los plásticos hay un importante ahorro de energía en la producción de los polímeros. En general se reciclan materiales en tamaños superiores a los 10 cm, generalmente botellas y recipientes.

4.4.1. Separación en origen.

El reciclado puede dificultarse seriamente si los RSU se entregan mezclados. En especial los residuos orgánicos pueden ensuciar o deteriorar a los materiales secos. En todo caso la separación de un material del resto de los RSU encarece el proceso y puede llegar a ser antieconómico. En tal caso, se pueden valorizar los residuos (si estos son combustibles) por incineración con producción de energía. Si se trata de metales o vidrio a reciclar (no combustibles) o no se quiere recurrir a la incineración en el caso de plásticos, resulta ser altamente recomendable la separación en origen. (o sea que los productores de RSU se deberían tomar el trabajo adicional (como colaboración) de entregar los distintos materiales en bolsas o recipientes separados.

En España se entregan los RSU en contenedores que están en las veredas de todas las ciudades: en el contenedor azul se separa el vidrio, en el contenedor verde el papel y cartón, en el contenedor amarillo los envases livianos (Plásticos, aluminio, hojalata,

tetrapak) y en el contenedor marrón los residuos orgánicos (que se destinan a las plantas de compost).

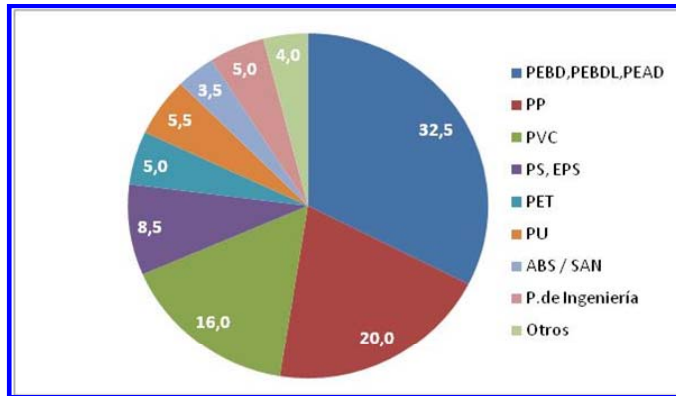
El sistema es muy molesto para la gente que debe mantener en su casa varios tachos de basura, transportar 3 o 4 bolsitas de basura a contenedores colocados en distintos lugares. La logística de las compañías de recolección de residuos se encarece con esta organización y el consumo de bolsitas de polietileno se multiplica. Los resultados no son buenos. La gente mezcla los residuos y generalmente los contenedores terminan descargándose en un mismo camión!!.

La interferencia de recicladores furtivos puede originar desparramos de basura (con deterioro de la higiene y bloqueos de desagües) y desbalances en la economía del tratamiento de los RSU. En USA esto se resuelve con disposiciones gubernamentales que establecen la propiedad de la basura. Mientras está en el tacho el dueño de la casa es el propietario y responsable, Al descargarse en el camión la propiedad se transfiere a la compañía de recolección de RSU y cuando se entrega a la planta de disposición final cambia nuevamente la propiedad. Los RSU son solamente residuos secos y quien no cumple con la reglamentación es fácilmente identificado. (Recordar que los residuos orgánicos se mandan por las cloacas previa molienda húmeda en la cocina). La regulación sobre la propiedad de los RSU determina que quien saca materiales de un recipiente de basura es un ladrón y puede ser procesado. De esta manera se ha logrado en la práctica hacer desaparecer la recolección informal de residuos: por cirujas, cartoneros, etc. No ocurre así en los países mas pobres donde subsiste un submundo marginal de personas necesitadas, que en condiciones muy penosas de precariedad, falta de higiene y medios materiales proceden a la recolección de ciertos residuos de los que obtienen alguna rentabilidad económica. Esto genera múltiples inconvenientes derivados de la interferencia con los sistemas organizados de recolección. Y además no son justas las durísimas condiciones que estas personas tienen que soportar.

4.5. Reciclado de los plásticos.

La mayoría de los plásticos que se utilizan masivamente se ablandan por simple calentamiento a temperaturas del orden de los 90 - 120°C y fluyen bajo gradientes de presión, pudiéndose darle un reuso bajo formas similares o diferenciadas, consumiendo en la operación de reciclo muy escasa energía adicional. Sin embargo, en la práctica del reciclado aparecen algunos inconvenientes:

Primero: existen numerosos plásticos que se disputan el mercado. Ver figura:



En la figura se ha utilizado la siguiente nomenclatura abreviada:.

- . **PEBD, PEBDL, PEAD** (en inglés: LDPE, LLDPE y HDPE) Son las 3 clases de Polietilenos más difundidos. Se presentan en numerosos grados con ligeras variaciones de propiedades, algunas de las cuales pretenden una diferenciación comercial-
- . **PP**. Polipropileno. Incluye algunos copolímeros con etileno
- . **PVC**. Policloruro de vinilo. Mediante el uso de aditivos se obtienen productos de muy diferentes calidades y usos,
- . **PS. EPS**. Poliestireno. Poliestireno expandido (muy conocido como “Telgopor”.
- . **PET**. Polietilentereftalato o Poliester. Se prefiere el nombre técnico Polietilen ... para no confundir el material de las fibras Poliester que tiene muy diferentes propiedades.
- . **PU**. Poliuretanos. Se diferencian el TDI espumas flexibles usadas principalmente en colchones y el MDI (espumas rígidas usadas como aislación térmica). Hay otros PU de usos específicos y consumos menores
- . **ABS. SAN**. Copolímero de Acrilo Nitrilo, Butadieno y Estireno. Copolímero de Estireno y Acrilo Nitrilo.
- . **P. de Ingeniería**. Plásticos de Ingeniería. Incluyen Poliamidas (diversos tipos de Nylon), Poliacetales, y otros plásticos como el **PC** (policarbonato), algunos tipos de PP, Resinas Epoxi. (se denominan de ingeniería porque se destinan a aplicaciones estructurales y resistentes)-
- . **Otros**. En esta bolsa se incluyen plásticos rígidos como el Fenol Formaldehido. La urea formaldehido. Melamina. Acrílicos (Poli Metil Metacrilato, PMMA) etc.

Obsérvese en el gráfico que el subconjunto de PE`s, PP, PVC, PS`s y PET acumulan el 82 % del total de los plásticos y todos ellos son termoplásticos (que se ablandan con el calor en temperaturas alrededor de los 100°C y pueden volver a moldearse).

Claro que en general existen serias incompatibilidades entre ellos y deben seleccionarse con mucho cuidado para encarar su reciclado.

Algunos ejemplos de compatibilidades e incompatibilidades se detallan a continuación:

Compatibilidades : Los Polietilenos son compatibles entre sí y pero muy poco con PP.

PS y ABS son incompatibles con PE y PP .

El PS Cristal es compatible con el PS Alto Impacto pero ambos son incompatibles con los Copolímeros ABS y SAN.

PET no es compatible con otros plásticos, especialmente con PVC.

PC y PMMA son compatibles con ABS y SAN

La identificación de los distintos plásticos no siempre es una tarea sencilla y para facilitar la separación se ha propuesto el grabado de los siguientes signos: (Nota: los colores no forman parte de la norma)

TIPOS DE PLÁSTICOS Y SUS SÍMBOLOS DE IDENTIFICACIÓN

Polietileno tereftalato – PET	
Polietileno Alta Densidad – PEAD	
Policloruro de Vinilo – PVC	
Polietileno de Baja Densidad – PEBD	
Polipropileno – PP	
Poliestireno – PS	
Otros plásticos	

Todos son termoplásticos

Esta norma no siempre se cumple o no es muy visible. En Anexo 1 se da un cuadro con algunas propiedades que permiten una identificación rápida en caso de duda.

El conocimiento de los usos habituales de los plásticos da también sólidas pistas para la identificación de los materiales. Ver Anexo 2.

4.5.1. Productos reciclados

PET. Termoformado de bandejas. Fibras para escobas, cepillos, Fibras textiles para camperas, abrigos. Alfombras para coches.

PEAD. Envases uso no alimenticio. Baldes para construcción. Macetas. Caños uso agrícola. Protección cables eléctricos. Pallets. Cajones para pescado. Carretes para hilados y cables.

PVC. Cañerías de desagüe.

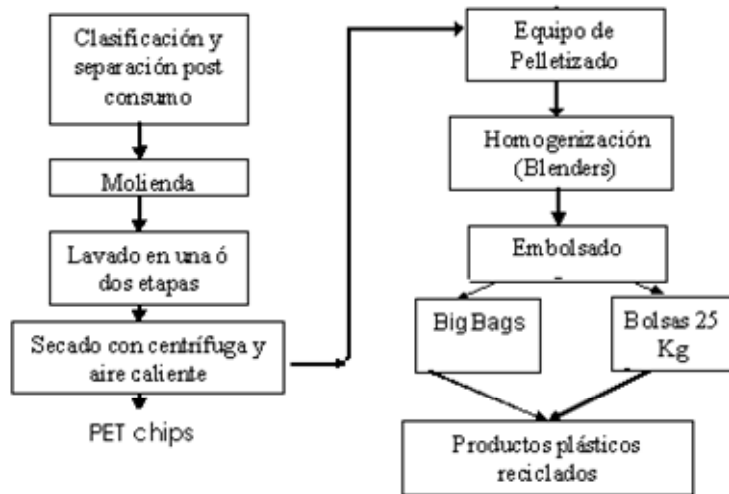
PP. Cuerdas. Sogas. Alfombras.

EPS. Bandejas descartables.

PEBD. Bolsas para basura.

Una restricción importante al desarrollo de los reciclados de plástico son las normas gubernamentales. El principal uso de los plásticos es como envase de alimentos y las normas no permiten el uso de material reciclado en contacto con alimentos. Por tal razón es necesario desarrollar mercados de otras aplicaciones, que aseguren el consumo del material que se produzca. Los productos no se reciclan si no se asegura un mercado consumidor y que este mercado pueda pagar por los costos del reciclado.

En la figura siguiente se esquematiza el diagrama de flujo del proceso de reciclado mecánico del PET.



Este procedimiento es similar para otros plásticos, aunque necesita ajustes diferentes y algunas partes especializadas. Se necesita diseñar un proceso para una producción significativa, por lo que es necesario asegurar una provisión continua de material a ser reciclado.

Un procedimiento que podría obtener aprobación para uso como envase de alimentos es el colaminado. El material de reciclo se colamina con material virgen que ocupa las capas exteriores. De esta manera se producirían envases donde el material reciclado no tendría contacto con los alimentos. La técnica da también mayor seguridad contra fallas. El material reciclado puede tener alguna partícula extraña que puede producir una falla en una película, pero al incluir la lámina de reciclado como capa interna, las fallas no tienen consecuencias.

En el caso de PVC para fabricación de utensilios, el reciclado puede usarse como carga en material nuevo para obtener un producto más barato.

Una opción muy interesante de reciclado de plásticos es la mezcla de plásticos. Se trata de construir materiales aglomerados con chips de diferentes plásticos con agregado de alguna resina integradora pero sin que haya una fusión entre diferentes plásticos. Así se construyen muebles de jardín o simplemente madera plástica (de plásticos) que se vende en perfiles y formas que se pueden serrar, perforar, atornillar. También se producen postes y cercos.

La madera plástica es algo mas cara que la madera blanda común pero tiene la ventaja que no necesita mantenimiento, no la atacan los insectos y tiene muchísima mayor duración.

4.6. Compostaje de materiales orgánicos.

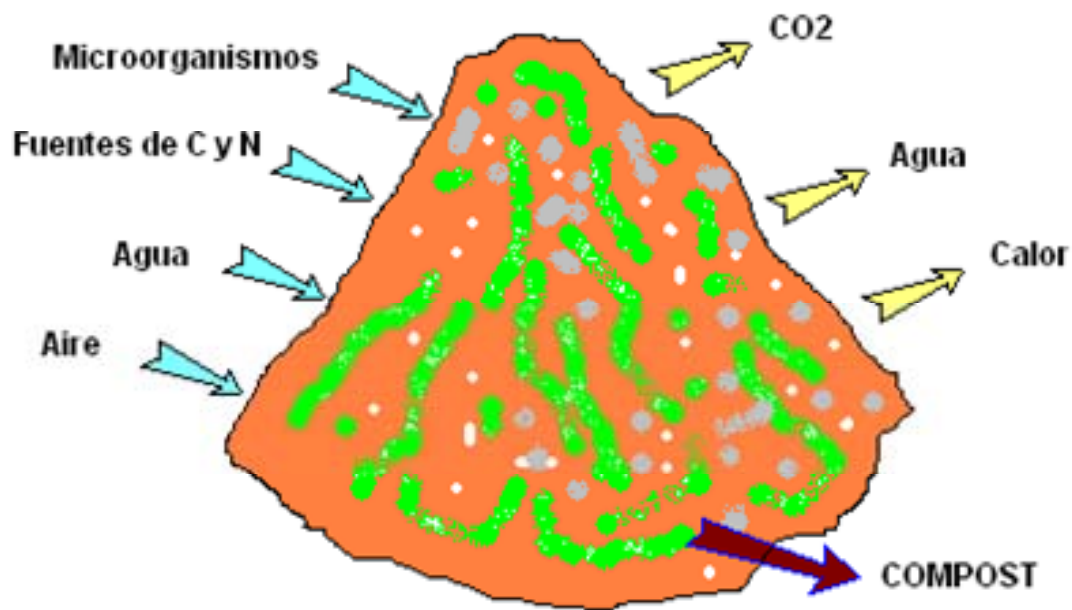
Es una técnica ancestral de fermentación de residuos vegetales y de alimentos en condiciones aeróbicas con la humedad propia del material.

Se usa preferentemente con materiales vegetales: hojas y paja.

El proceso biológico es complejo y lento. El material se coloca en una pila en contacto con el suelo. Se airea por los costados de la pila y se produce una degradación del material por microorganismos y por organismos elementales. La temperatura aumenta hasta unos 70 °c al final del proceso, produciendo así una pasteurización del producto. Luego se va enfriando y es atacado por organismos que en parte sintetizan otras sustancias. El proceso puede durar entre 6 y 9 meses.

La figura representa el intercambio de materiales y energía que se produce en la pila. El material a compostar debe tener una relación N/O no mayor del 1 %. El proceso fermentativo produce CO₂ y el material que además pierde humedad se reduce en el orden del 40 a 50%. Queda así un material esponjoso en donde los microorganismos han sido eliminados por causa del aumento de temperatura. El compost es un material esponjoso, sin olor desagradable que puede servir como mejorador de suelos en parques y jardines. El pH es ligeramente alcalino. Suele tener un 1% de N, lo que no le da valor como fertilizante.

El proceso industrialmente se realiza en recipientes que deben airearse y recibir cultivos de microorganismos. Requiere rigurosos controles. El resultado es variable si se varía la carga de los reactores.



En el cuadro siguiente se indican que materiales orgánicos son buenos para compostar y los que se debe evitar.

Compostar:

Restos de comida: Restos de verduras. Restos de fruta. Cáscaras de huevo. Posos de café e infusiones

Restos de poda y jardín . Hojas secas, paja y restos leñosos
Césped.

Estiércol o heces de animales herbívoros

Ceniza de leña. Serrín.

Tejidos naturales Algodón, seda, lino, etc.

Papel o cartón; hueveras de cartón, Servilletas.

Plásticos biodegradables

Evitar:

Heces de perros y gatos

Revistas ilustradas

Ceniza de carbón mineral

Pañales desechables, compresas.

Basura de aspiradora.

Filtros de cigarrillo.

Tejidos sintéticos

Madera tratada con barnices, aglomerados, etc.

Carne y pescado

Productos lácteos

Productos que contengan levaduras

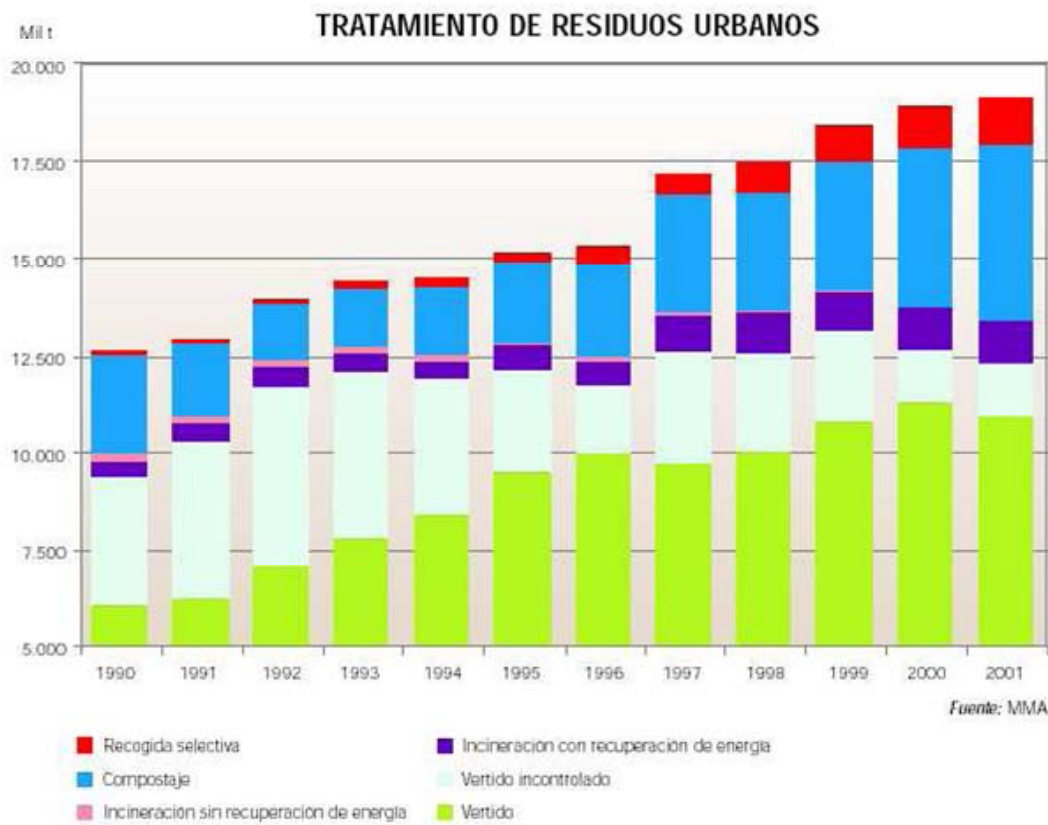
Productos cocinados con grasas

Papel de periódico

Como se puede ver no es fácil tratar por compostaje el total de los RSU orgánicos y en especial la lentitud del proceso obliga a mantener en procesamiento grandes cantidades de residuos.

El proceso aeróbico manteniendo una humedad entre el 50 al 70% no produce olores desagradables de putrefacción, aunque esto es teórico y en el manejo de grandes volúmenes es imposible un control estricto de la emisión de olores.

En el gráfico siguiente se muestran los destinos de los RSU en España entre los años 1990 y 2003. (Según el Ministerio de Medio Ambiente)



Se observa en este gráfico que los vertidos (relleno sanitario y basurales) se mantienen en una meseta, que habida cuenta del crecimiento de la cantidad de RSU es una disminución porcentual.

La incineración sin producción de energía ha desaparecido pero con producción de energía solo ha tenido un crecimiento moderado, sin duda por la oposición de los ecologistas.

Por el contrario la proporción del proceso de compostaje es muy alta y en crecimiento. Sin embargo aquí cabe una aclaración: los grandes establecimientos de mercados de alimentos frescos, supermercados, agroindustrias y restaurantes deben pagar fuertes tasas por entregar su basura para rellenos sanitarios, no así para compost cuyo funcionamiento es subsidiado.

En el funcionamiento real se observa que de la cantidad de residuos gestionados por compostaje, sólo una parte se utiliza como compost. (el 10.59%, según la publicación del

Ministerio de Medio Ambiente “Medio Ambiente en España 2003”. El 89.41% restante debe volver a gestionarse mediante alguno de los otros tratamientos.)

Al respecto caben los siguientes comentarios que mitigan en parte el aspecto negativo de tan bajo aprovechamiento:

- El valor económico del compost no justifica los costos de transporte y de manipulación, pero tiene un efecto positivo en el mantenimiento de los suelos.
- El compost producido ha reducido el volumen de los residuos en un promedio de un 50% (emisiones de CO₂) y no tendría olores a putrefacción.
- En un relleno no produciría ácidos y emisión de metano.

4.7. Plásticos biodegradables.

Los plásticos biodegradables se degradan en una instalación de compostaje para dar dióxido de carbono, agua, compuestos inorgánicos y biomasa consistente con otros materiales compostables, sin dejar ningún residuo tóxico distinguible a simple vista.

El ácido poliláctico (PLA) es el más usado. Se fabrica a partir del almidón de maíz que se transforma por fermentación en ácido láctico, el que se polimeriza dando una resina que puede inyectarse, extruirse y termoformarse. Es utilizado en la fabricación de botellas transparentes para bebidas frías, bandejas de envasado para alimentos, y otras aplicaciones.

La ventaja es que sería posible enviar a compostaje junto con los residuos orgánicos, aprovechando las ventajas de tarifas de tratamiento y evitando los engorros de la separación previa.

Queda de todos modos el gran interrogante de la competitividad de un envase que rápidamente se convertirá en un residuo y un alimento como es la harina de maíz.

5, Ciclo de vida de los materiales.

Se consideran objetivos ecológicos prioritarios para los RSU, las tres R.

Reducir la producción de residuos

Reciclar los materiales desechados

Reusar los productos no deteriorados en su función

Como objetivo superior se habla de **Basura Cero**. (se refiere solo a Residuos sólidos que se destinan a rellenos sanitarios).

Si bien puede considerarse como un objetivo utópico, se puede acercar al mismo mediante el análisis del ciclo de vida de los materiales.

En el análisis del ciclo de vida se valora la relación entre la cantidad de recursos naturales utilizados, la energía en la producción y los residuos generados en todas las fases de la vida de un producto hasta su desecho final.

Como consecuencia del análisis de ciclo de vida se proyectan mejoras en el diseño de los productos en cuanto a su influencia sobre el medio ambiente.

Dos ejemplos sencillos ilustran este concepto:

Como se ha mencionado, el PET utilizado principalmente en el envase de gaseosas es el material plástico que más se recicla. Si cada compañía diseñara sus envases con colorantes que enaltezcan la coloración de la bebida e impriman sobre la botella la información del producto y la marca, se complicaría el trabajo del reciclador y perdería por la mezcla, calidad del producto reciclado.

Por acuerdo entre las firmas, las tapas del envase son de PP y la información del producto se imprime en una etiqueta de polietileno. Por molienda y posterior lavado, se separa el PP y el PE que tienen densidad menor que el agua, a diferencia del PET cuya densidad es mayor. La etiqueta es fijada con un material adherente soluble en agua.

. El Tetrapack es un envase excelente, cuyas propiedades son obtenidas mediante la técnica de laminación. La lámina de cartón que recibe una excelente impresión es recubierta por dos láminas de polietileno que impiden la entrada de humedad al cartón. Internamente una lámina de aluminio impide totalmente el ingreso de oxígeno y la posible contaminación bacteriana. Desde un punto de vista del reciclado estos materiales deberían ser separados lo que es muy engorroso y antieconómico. (Nota: la firma Tetrapack ofrece una tecnología de reciclado pero no asegura la economicidad de la operación). El diseño del envase atenta contra las posibilidades de reciclaje por lo que podría llegar a ser prohibido.

Se debe incluir también la influencia de políticas comerciales y empresariales sobre el producto. Por ej. Productos que ante fallas no se pueden desarmar para su reparación, lo que implica no mantener un inventario de repuestos ni personal dedicado a mantenimiento. El equipo íntegro es el repuesto que se entrega durante el período de garantía. Así la vida media del producto es menor y se aumenta el volumen de residuos.

5.1. Los Plásticos: el problema o la solución?

En el campo de envasado y embalaje de productos generales, el empleo de plásticos involucra 4 veces menor consumo de materias primas, 3 veces menor peso de residuos, 2 veces menor consumo de energía y por incineración recupera casi toda la energía de su materia prima.

En los automóviles 10 a 15% de plásticos en su diseño permiten un considerable ahorro de energía en la fabricación de los materiales en sí, en menor potencia en el funcionamiento y llegado al fin, el acero requiere importante cantidad de energía para su reciclado. No así el plástico. Se puede afirmar que el uso de los plásticos ahorra más petróleo que el que se emplea en su fabricación.

Bibliografía.

La bibliografía sobre los temas de esta charla es superabundante pero hay que tener un agudo sentido crítico analítico porque frecuentemente las opiniones y lo que es peor, la información puede estar sesgada por tendencias ideológicas.

Estas tendencias pueden responder a un objetivo económico o a un deseo de trascendencia social que puede derivarse en objetivos de poder (empleos internacionales o liderazgo social) o mismo en el manejo de recursos económicos (grandes asignaciones presupuestarias para investigación).

El lector independiente debe leer los trabajos de ambas tendencias y comparar la validez de los diferentes datos que avalan sus afirmaciones. Es frecuente ver que los números presentados no tienen ningún significado estadístico, pero esta falta de pruebas no es una aseveración de la validez de los conceptos de los adversarios científicos.

La politización de la ciencia, asignando valor al resultado de encuestas o votaciones en congresos multitudinarios es una aberración. Los conceptos científicos no se votan, se demuestran y se prueban mediante el uso del método científico.

Alguno de los sitios de internet utilizados como bibliografía son los siguientes:

- Plastivida Argentina. www.plastivida.com.ar
- Plastics Europe. Associations of Plastics Manufacturers in Europe.

www.plasticseurope.org.

- Cicloplast. España. www.cicloplast.com
- USINAVERDE -. www.usinaverde.com.br
- Amigos de la Tierra – Organización ecológica española. www.tierra.org
- Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino. www.marm.es.

- CEAMSE Ecología Urbana Argentina. www.ceamse.gov.ar

Libros:

- Plastics for environmental and sustainable development. Prof.M.M.Sharma, Dr.R.A.Maskelkar- Ed-Thompson Press. 2003 India.
- Biotecnología para el aprovechamiento de los desperdicios orgánicos. Oscar Monroy, Gustavo Viniegra. Ompiladores. AGT Editor 1081 México

Anexo 1.

RECONOCIMIENTO DE LOS PLÁSTICOS

Abreviatura	Densidad (gr/cm ³)	Material	Comportamiento de la llama	Otras características
PEBD	0,920	Poliétileno de Baja Densidad	Llama clara con centro azulado, gotea encendido, olor de parafina, vapores apenas visibles	Sensación de cera al tacto, se marca con la uña, no quiebra
PEAD	0,940 a 0,960	Poliétileno de Alta Densidad	Llama clara con centro azulado, gotea encendido, olor de parafina, vapores apenas visibles	Sensación de cera al tacto, se marca con la uña, más rígido que el PEBD , no quiebra
PP	0,90	Polipropileno	Llama clara con centro azulado, gotea encendido, olor de parafina, vapores apenas visibles	No se marca con la uña. No quiebra, más rígido que el PEAD
PS	1,05	Poliestireno	Llama amarilla, hollin intenso , olor dulce, gotea encendido	Frágil, suena a metal, se disuelve en tetracloruro de carbono
ABS	1,06 a 1,12	Copolimero de Acrilonitrilo-Butadieno-Estireno	Llama amarilla, hollin intenso , olor dulce, gotea encendido	Elástico, tenaz, no se disuelve en tetracloruro de carbono , tiene un sonido apagado
PVC U	1,36	Policloruro de Vinilo Rígido (sin Plastificar)	Difícil combustion, se apaga al alejarlo de la llama, huele fuertemente a ácido clorhídrico, se carboniza	Rígido
PVC P	1,20 a 1,35	Policloruro de Vinilo Flexible (con Plastificante)	Según el plastificante que contenga quema más fácilmente que el PVC U, huele a ácido clorhídrico más un aroma adicional, carboniza	Flexible como goma, sin sonido

Anexo 2.

PET - PoliEtilenTereftalato.

Se produce a partir del Ácido Tereftálico y el Etilen Glicol por policondensación.

Usos: Botellas para gaseosas, aceites, agua y cosméticos. Frascos varios (Mayonesa, salsas, etc.). Películas transparentes. Envases al vacío. Bolsas para horno. Bandejas para microondas. Películas radiográficas

Otros usos: Fibras textiles. (Poliester).

Laminados de barrera para productos alimenticios. Cintas para audio y video.

PEAD. Polietileno alta densidad.

Termoplástico fabricado a partir del Etileno.

Usos y Aplicaciones: Envases para: Detergentes, lavandina, aceite automotor, shampoo, lácteos. Bolsas de supermercado. Bazar y menaje. Cajones para gaseosas, cerveza, pescados y frutas. Baldes para pinturas, alimentos, aceites. Tambores. Tubos para gas, agua potable, cloacas, minería, protección de cables, drenaje. Macetas, Redes media sombra. Recipientes para freezer.

Ventajas y beneficios: Resistencia a bajas temperaturas. Irrompible. Liviano. Impermeable

PVC. Policloruro de vinilo.

Se obtiene a partir de Etileno y Cloro (de la Sal Común por proceso Cloro Soda).

Producto de gran versatilidad. Mediante agregado de aditivos se producen materiales rígidos o flexibles, transparentes u opacos. Se colorean fácilmente,

Usos y aplicaciones: Envases para agua mineral, jugos, mayonesa, miel. Perfiles para marcos de ventanas y puertas. Tubos de desagües, agua potable, drenaje, canaletas. Mangueras. Blisters para medicamentos, juguetes y pilas. Películas flexibles y transparentes para envasar carnes, fiambres y frutas. Envolturas para golosinas. Cuerina. Film para cerramientos. Papel vinílico para decoración de paredes. Cables eléctricos, juguetes. Pisos. Partes de muebles. Catéteres, Bolsas de suero fisiológico, bolsas de sangre.

PEBD. PEBDL Polietilenos de baja densidad (Convencional y Lineal)

Se obtiene por polimerización del etileno. En los lineales el etileno se copolimeriza con buteno, hexeno u octeno.

Usos y aplicaciones: Bolsas de todo tipo: para el comercio, boutique, panificación, congelados, productos industriales. Películas para el agro, recubrimiento de acequias, mulching, viveros. Envasamiento automático de alimentos y productos industriales: Leche y azúcar (en sachet), plásticos, alimentos para mascotas, etc. Stretch Film. Contenedores domésticos herméticos. Pomos (cosméticos, medicamentos y alimentos). Botellas flexibles. Tuberías para riego por goteo y para uso agrícola.

Ventajas: Flexible, liviano, transparente, brillante, Impermeable, económico.

PS – EPS, Poliestireno.

Se obtiene por polimerización del estireno, este a su vez del etilbenceno (etileno + benceno). Hay tres tipos: PS Cristal, Alto Impacto, Expandido (Espuma Rígida)

Usos y aplicaciones: Potes para lácteos (yogurt, postres, etc). Helados, dulces. Vasos descartables. Bandejas para supermercados y rotiserías (carne, frutas, etc). Heladeras: contraportas y anaqueles. Cosmética: envases y máquinas de afeitar descartables. Vajilla descartable: platos, cubiertos, bandejas. Cotillón. Juguetes. Casetes. Blisters. Aislante: planchas de EPS Envases y vasos de EPS.

Propiedades: Liviano, irrompible. Impermeable, Inerte. Transparente (PS Cristal). Aislante térmico EPS.

PP. Polipropileno.

Se obtiene por polimerización del propileno. En algunos casos copolímeros con etileno.

Es un plástico de elevada rigidez, alta cristalinidad, elevado punto de fusión, excelente resistencia química y el de más baja densidad. Con distintas cargas (talco, caucho, fibras de vidrio) se potencian sus propiedades hasta transformarlo en un polímero de ingeniería. Resistente a la temperatura. Barrera a los aromas y humedad. Impermeable. Irrompible. Brillante.

Usos: Película ó film (alimentos, snacks, cigarrillos, chicles, golosinas, indumentaria, etc). Rafia. Bolsas tejidas para papas y cereales. Envases (Big Bags). Hilos, cabos, sogas, cordelería. Tubos para agua caliente y fría de uso doméstico. Jeringas descartables. Tapas para gaseosas. Bazar y menaje. Baldes para pinturas. Fibras para tapicería y alfombras. Cajas de baterías, paragolpes y autopartes. Telas no tejidas, barbijos, ropa descartable de uso medicinal.

Otros Plásticos

Polycarbonato (PC), Poliamidas (PA), ABS, SAN, EVA, Poliuretanos (PU), Acrílico (PMMA),

Usos: Autopartes. Chips. Carcazas de computadoras. Teléfonos. Celulares. Discos compactos (CD). Artículos náuticos y deportivos. Artículos para medicina y cosmética. Mamaderas de bebés. Botellones para agua. Muebles. Etc.

Propiedades: Alta resistencia al impacto. Resistencia a la corrosión. Livianos. Alta resistencia mecánica. Alta resistencia a la temperatura