

RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

MANUAL DE GESTION INTEGRAL

Edición adaptada por:



CEMPRE
URUGUAY

COMPROMISO EMPRESARIAL PARA EL RECICLAJE

En base a la edición original realizada por:

IPT
INSTITUTO DE
PESQUISAS TECNOLOGICAS
BRASIL


COMPROMISSO EMPRESARIAL
PARA RECICLAGEM
BRASIL

Con la colaboración de la edición traducida por:

ADANI 
VENEZUELA

© 1998. **Compromiso Empresarial para el Reciclaje - CEMPRE URUGUAY**

Casilla de Correo 18135. Montevideo

con autorización de

Compromiso Empresarial para Reciclagem de Brasil - CEMPRE

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. - IPT

Asociación para la Defensa del Ambiente y de la Naturaleza de Venezuela - ADAN

Cempre Brasil, IPT y Adan no asumen responsabilidad sobre las modificaciones en el contenido.

Coordinación General de esta edición

Química Ana Luisa Arocena

Adaptación y traducción: Quím. Ana Luisa Arocena

Autor del Anexo A, Marco Legal e Institucional: Dr. Marcelo Cousillas, diciembre 1997

Coordinación gráfica: Ing. Gráfico Manfred Steffen

Diseño de tapa: Pablo Uribe

Diseño e impresión: Talleres Gráficos Monteverde S.A.

PRESENTACION

Compromiso Empresarial para el Reciclaje, CEMPRE URUGUAY, es una Asociación civil abierta y sin fines de lucro que surge en 1996 a iniciativa del sector empresarial, con el fin de promover el reciclado de residuos sólidos dentro del concepto de la administración integrada de los mismos, y asimismo promover en Uruguay la concientización acerca de la importancia del Reciclaje como acción ambientalista efectiva.

Las empresas que el día 3 de julio de 1996 firmaron el compromiso de conformación de la asociación son las siguientes:

- Ancap
- Conapac S.A.
- Conaprole
- Fanapel
- Fleischmann Uruguay S.A.
- McDonald´s Uruguay
- Montevideo Refrescos S.A.
- Plásticos Gepax S.A.
- S.A. Cristalerías del Uruguay
- Saman
- Sudy Lever S.A.

La publicación de esta obra es el primer trabajo de divulgación pública de CEMPRE URUGUAY. Es la intención de esta Asociación que la misma constituya un aporte de utilidad frente a una necesidad del país y del mundo, como lo es la capacitación en el tema del manejo adecuado de los residuos que día a día generamos.

Esta publicación fue posible gracias a:

- **CEMPRE Brasil** - Compromisso Empresarial para Reciclagem, institución que llevó adelante la iniciativa de editar junto al Instituto de Pesquisas Tecnológicas de Brasil, **IPT**, el libro: "Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado", CEMPRE - IPT, Publicación IPT 2163, Brasil 1995. Edición original que, traducida, adaptada y complementada con datos locales, da lugar al presente Manual.

- **ADAN Venezuela** - Asociación para la Defensa del Ambiente y de la Naturaleza, por la primera traducción de la edición original al español, bajo el título: "Basura Municipal, Manual de Gestión Integrada", ADAN, Venezuela, 1996.

- **OPS/OMS** - Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud, **DINAMA** - Dirección Nacional de Medio Ambiente, Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente, **GTZ** - Agencia de la República Federal de Alemania para la Cooperación Técnica, **PNUD** - Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, quienes en conjunto editaron el "Análisis Sectorial de Residuos Sólidos en Uruguay", Serie Análisis Sectoriales N° 7, Plan Regional de Inversiones en Ambiente y Salud. Marzo 1996. Este informe fue la base para los datos locales sobre residuos sólidos.

- **IMM** - Intendencia Municipal de Montevideo y **PNUD** - Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, quienes en el marco del proyecto PNUD/URU/91/008, sobre "Clasificación y Reciclo de Residuos Sólidos", generaron el informe correspondiente a la 2a. Etapa, Asistencia Preparatoria, Setiembre 1996, base para los datos locales sobre los ciclos y mercados de los materiales reciclables.

El objetivo de este libro es el de ser una herramienta de ayuda para la toma de decisiones, la divulgación y la capacitación en la gestión de los residuos, especialmente para las autoridades, técnicos y operarios de las intendencias municipales.

No pretende suplir la necesaria intervención del experto, sino colaborar en el logro de una comunicación en términos comprensibles para todos, y así obtener el máximo provecho de esa intervención

Tampoco pretende ser un "recetario" de procedimientos, a sabiendas que las soluciones adecuadas, exitosas y duraderas, surgen de la síntesis de:

- a) un profundo conocimiento de las tecnologías a la fecha existentes;
- b) la consideración del medio disponible: territorio, clima, marco institucional, legal y económico;
- c) la integración en esas soluciones de la realidad social local: población, condiciones higiénico-sanitarias, costumbres, hábitos, religiones, ideologías, contexto histórico.

El presente Manual busca, precisamente, introducir y encauzar adecuadamente el manejo de esa información.

Por lo tanto, al hacer llegar esta publicación a las Intendencias Municipales del país, CEMPRE URUGUAY tiene la expectativa que la misma sea leída, discutida, divulgada y también criticada, haciendo llegar las sugerencias, para que pueda ser ampliada y mejorada en futuras ediciones.

CEMPRE URUGUAY está convencido que, la aplicación y adaptación de estos conocimientos a la realidad de cada municipio incidirá en la reversión del cuadro de degradación ambiental causado por los residuos sólidos, contribuyendo así a la mejora de la calidad de vida de la comunidad uruguaya.

Montevideo, mayo de 1998.

Consejo Directivo
CEMPRE URUGUAY

Agradecimientos

CEMPRE URUGUAY agradece a las entidades y a los profesionales que a continuación se citan, por la ayuda que prestaron para que este Manual pudiera ser elaborado y editado. Una mención especial para aquellos que sabemos, cuentan con importantes aportes para esta obra, pero buscando una solución de compromiso entre la mejor información y un adecuado manejo del tiempo quedaron sin consultar.

Agradecemos la comprensión y esperamos recibir los aportes sobre los puntos que hayan quedado en el camino para considerarlos en futuras ediciones.

- | | |
|---|---------------------------------|
| • Alcan S.A. | Elizabeth D'Angelo |
| | Carlos Dubra |
| • Asociación Uruguaya de Industrias del Plástico | Héctor de los Santos |
| • Bimsa | Rosa Carbonero |
| • Centro Uruguayo Independiente. Fonolata | Jorge Solari |
| • Comisión Interinstitucional de Residuos Sólidos Hospitalarios | Teresa Frachia |
| | Gabriela Monestier |
| • Conapac S.A. | Ignacio González |
| • Conaprole | Jorge Emery |
| • Congreso de Intendentes | Jorge Rodríguez |
| • Defensa del Medio Ambiente de Valdense (Demaval) | María Teresa García de Bertinat |
| • Depósito Pedernal S.A. | Mario Oper |
| | David Oper |
| • Editorial Santillana | Alejandra Campos |
| • Fanapel | Carlos Rodríguez |
| | Francisco Casella |
| • Fleischmann Uruguay S.A. | Isabel Levrero |
| • Funsa | Roberto Morales |
| • Intendencia Municipal de Colonia | Luis Garat |
| • Intendencia Municipal de Maldonado | Jorge Hourcade |
| • Intendencia Municipal de Montevideo | Carlos Paz |
| • Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente | Marisol Mayo |
| Dirección Nacional de Medio Ambiente - Residuos Sólidos | |
| • McDonald's | Karen Swzarcfiter |
| • Montevideos Refrescos S.A. | Rosita Schandy |
| • Plásticos Gepax S.A. | Ariel Avelino |
| • Proyecto "Clasificación y Reciclo de Residuos Sólidos" | Mabel Pena |
| IMM - PNUD (PNUD/URU/91/008) | Pedro Barrenechea |
| | |
| • S.A. Cristalerías del Uruguay - Cristalplast - Cristalpet | Alvaro Queijo |
| • Sudy-Lever S.A. | Mario Furest |
| • Unit | Pilar Rodríguez |
| | Pablo Benia |
| • Universidad de la República. Facultad de Química. | Mario Rabinovich |
| Oficina de Asesoramientos y Gestión Tecnológica | |
| • Werba S.A. | Gabriel Werba |

DATOS DE LA EDICION BRASILEIRA
"LIXO MUNICIPAL: MANUAL DE GERENCIAMENTO INTEGRADO"

© 1995, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. - IPT
 Cidade Universitária Armando de Salles Oliveira - Butantã
 CEP 05508-901 - São Paulo-SP - Caixa Postal 7141
 CEP 01064-970 - Endereço Telegráfico TECNINST
 Telex (11) 80934 INPT BR e (11) 83114 INPT BR
 Telefax (011) 869-3353 - Tel.: (011) 268-2211

Diretoria Executiva - IPT

Diretor-Superintendente: Milton de Abreu Campanario

Diretor Administrativo-Financeiro: Lauro dos Santos M. Velasco

Diretor Técnico: Marco Giulietti

Diretor de Planejamento e Gestão: Álvaro Rodrigues dos Santos

Divisões e Programas Técnicos - IPT

Divisão de Economia e Engenharia de Sistemas, Divisão de Engenharia Civil, Divisão de Geologia, Divisão de Metalurgia, Divisão de Mecânica e Eletricidade, Divisão de Produtos Florestais e Têxteis, Divisão de Química, Divisão de Tecnologia de Transportes.

Programa de Apoio Tecnológico Regional, Programa de Energia, Programa de Materiais, Programa de Meio Ambiente, Programa de Qualidade Industrial, Programa de Siderurgia, Programa de Tecnologia da Habitação.

© 1995, Compromisso Empresarial para Reciclagem - CEMPRE

Rua Pedroso Alvarenga, 1254 - conjunto 52 - CEP 04531-004 São Paulo, SP - Tel.L (011) 852-5200 - Fax: (011) 852-5264 - E-mail: cempre@amcham.com.br

Coordenação Geral

Niza Silva Jardim (IPT), Christopher Wells (CEMPRE).

Coordenação Técnica do Manual

Fernando Luiz Prandini, Maria Luiza O.D'Almeida, Niza Silva Jardim, Vinicius G.T. Mano, Christopher Wells.

Equipe Técnica do IPT

Alexandre I. Naumoff, Angelo José Consoni, Armenio G. Pinto, Clarita S. Perez, Claudio Barbieri da Cunha, Claudio Sbrighi Neto, Clovis Benvenuto, Colin G. Rouse, Fernando Henrique de Almeida Sobral, Franciso Di Giorgi, Giovanna Antonia Cavalieri Parzanese, Jesabel Cristina da Silva, José Luiz Albuquerque Filho, José Mangolini Neves, Luiz Hamassaki, Marcelo Eduardo Giacaglia, Marcio A. Cunha, Paulo B. Teixeira Junior, Paulo Breno M. Silveira, Regina Celia T. S. Cortez, Risomá Chaves.

Equipe Técnica do CEPAM

Ana Rita Machado, Berenice Terezinha Mastro, Elizabeth Lima, Helvio Nicolau Moisés, Mariana Moreira, Roberto José Assumpção, Sílvia R.C. Salgado.

Consultores

Alberto Pereira de Castro, Dan Moche Schneider, Edmar José Kiehl, Gerson Barbosa, Lesley Gasparini Leite, Natália de Mello Araújo Ferreira.

Ilustrações

Luiz Antonio Ribeiro, Arturo E. Prieto Ybars, Conceição Cahú, Jaime Vergílio, Milton Miranda (capa).

Apoio

Alex Rodrigues Leão, Alexandre Ferrari, Álvaro C. Kopezynski, Antonio Carlos de Siquiera Brito, Aparecida H. Sagawa, Eliane A. de Carvalho, Idalina Damas de Souza, João Garcia, Lourdes Lëia de Branco Nishida, Luciana L. de Miranda, Maria Inez do Prado Consoni, Maria Solange de O.Pereira Fierro, Érico J. Rodrigues, Marta F.F. de Alvarenga, Max Antonio Olenick, Myriam Behn Aguiar Miguel, Rafaell C.Moura e Silva, Renato Antonio Rodrigues, Robert Ferreira da Costa, Sonia di Madureira, Sueli Mitiko Imai Aldeia, Waldyr Dantas Cortez.

Edição

Assessoria de Comunicação Social/Publicações - Responsável: Rubens Marini. *Editoração:* Ana Cristina Teixeira. *Arte-final:* Laura Rumi Yamamura. *Produção Gráfica:* Edison Policarpo Luz. *Editoração Eletrônica:* Estúdio JI de Artes Gráficas.

© 1995, Compromisso Empresarial para Reciclagem - CEMPRE

Rua Pedroso Alvarenga, 1254 - conjunto 52 - CEP 04531-004 São Paulo, SP - Tel.L (011) 852-5200 - Fax: (011) 852-5264 - E-mail: cempre@amcham.com.br

Diretoria - CEMPRE

Presidente: Márcio Amazonas

Diretor Executivo: Christopher Wells

Comissão Editorial: Aureliano Costa, José Paulo Pinto Teixeira e Márcio Amazonas

Os associados do CEMPRE são:

- Cia. Cervejaria Brahma;
- Cia. Suzano de Papel e Celulose;
- Coca-Cola Indústrias Ltda.;
- Enterpa Engenharia Ltda.;
- Indústrias Gessy-Lever Ltda.;
- Nestlé Indústria e Comércio Ltda.;
- Pepsi-Co & Cia.;
- Procter & Gamble do Brasil e Cia.;
- Rhodia-ster S.A.;
- Souza Cruz S.A.;
- Tetra Pak Ltda.; e
- Vega Sopave S.A.

**DATOS DE LA EDICIÓN VENEZOLANA:
“BASURA MUNICIPAL: MANUAL DE GESTIÓN INTEGRADA”**

Traducción autorizada por *Compromisso Empresarial para Reciclagem* (CEMPRE). CEMPRE autorizó a la *Asociación para la Defensa del Ambiente y de la Naturaleza* (A.D.A.N) para traducir al español y adaptar a la realidad Venezolana el presente Manual.

CEMPRE e IPT no asumen responsabilidad por la modificación del contenido del Manual, para adaptarlo a las condiciones de Venezuela.

Traducción: Bruno Manara

Adaptación: Isabel Roo

CEMPRE

Compromisso Empresarial para Reciclagem
Praia do Botafogo, 228/613 - CEP 22359-900
Río de Janeiro - RJ, Brasil
Teléfono: (021) 553.5530
Fax: (021) 553.5760

IPT

Instituto de Pesquisas Tecnológicas

ADAN

Asociación para la Defensa del Ambiente y de la Naturaleza
Museo del Transporte
Av. Francisco de Miranda, Los Dos Caminos
Caracas, Venezuela
Teléfono: (02) 237.9866
Fax (02) 237.6410

Las empresas miembros de A.D.A.N son:

- Cervecería Brahma;
- Cervecería Regional;
- Coca-Cola;
- Owens Illinois;
- Procter & Gamble;
- Produvisa;
- Warner Lambert.

Composición y Diagramación: Ediciones Tamandúa

Impreso por: Xerox

AGRADECIMIENTOS DE LA EDICIÓN BRASILEIRA

El IPT y CEMPRE agradecen a las entidades y a los profesionales, que se citan a continuación, por la ayuda prestada para que este Manual pudiese ser elaborado y editado, en especial a la Fundação Prefeito Faria Lima - CEPAM por la colaboración en los temas relacionados a la administración y legislación municipales, así como en la elaboración del Anexo A.

El IPT y CEMPRE agradecen especialmente a los 1.112 municipios que contestaron el cuestionario.

ENTIDADES DEL EXTERIOR

- Japan International Cooperation Agency - JICA, Japón
- Kitakyushu International Techno-Cooperative Association - KITA, Kitakyushu, Japón
- Community Environment Council, Gildea Resource Center, Santa Barbara, EUA
- National Recycling Coalition - NRC, Washington, DC, EUA

ENTIDADES / ASOCIACIONES BRASILEIRAS

- Associação Brasileira de Engenharia Química - ABEQ
- Associação Brasileira de Geologia de Engenharia - ABGE
- Associação Brasileira de Limpeza Pública - ABLP
- Associação Brasileira de Mecânica dos Solos - ABMS
- Associação Brasileira de Reciclagem de Materiais Plásticos - ABREMPLAST
- Associação Nacional de Fabricantes de Papel e Celulose - ANFPC
- Associação Nacional de Aparistas de Papel - ANAP
- Associação Brasileira Técnica em Celulose e Papel - ABTCP
- Associação Técnica das Indústrias Automatizadas de Vidro - ABIVIDRO
- Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB
- Indústria João Maggion S.A.
- Instituto Brasileiro de Administração Municipal - IBAM
- Latas de Alumínio S.A. - LATASA
- PROLATA
- Secretaria da Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento Econômico do Estado de São Paulo - SCTD
- Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo - SMA

PROFESIONALES DEL EXTERIOR

- Edgar Miller - National Recycling Coalition, Washington, EUA
- Frank Sudol - Departamento de Engenharia da Prefeitura de Newark, EUA
- Kiwao Kadokami - Municipal Institute of Environmental Health Sciences, Kitakyushu, Japón
- Ryo Hiraga - Osaka City Government, Osaka, Japón
- Tadashi Tatsuishi - JICA, Tokyo, Japón
- Yasushi Matsu Fuji - Fukuoka University, Fukuoka, Japón

PROFESIONALES DEL BRASIL

- Bruno Cervone - ABLP
- Eliane Sampaio - Vega Sopave S.A.
- Izabel Margarida Geve e equipe - IPT
- José Amado - Cooperativa de Catadores Autônomos de Materiais Recicláveis - COOPAMARE
- Marta Farah - Fundação Getúlio Vargas - Escola de Administração de Empresas
- Marcos Lima - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB
- Mariluce Zepter Valença - SUCEAM/Paraná
- Michael Paul Zeitlin - Fundação Getúlio Vargas - Escola de Administração de Empresas
- Paulo de Tarso Carvalhaes - Organização de Auxílio Fraternal - OAF
- Solange Alboreda - Consultora
- Tharcisio Damy de Souza Santos - Consultor

El IPT y CEMPRE agradecen a los especialistas que revisaron el texto:

- Eloy Vega - Vega Sopave S.A.
- José Borges Matias - Rhodia-ster S.A.
- João Giansi - Enterpa Engenharia Ltda.
- Joaquin Zepeda - Procter & Gamble
- José Mauro Worms Porto - Vega Sopave S.A.
- Kurt Ruger - Associação Brasileira de Engenharia Química - ABEQ
- Marco Antonio Martorelli - Hoechst do Brasil
- Nelson Falavina - Tetra Pak Ltda.
- Werner Eugênio Zulauf - Associação Brasileira de Limpeza Pública - ABLP

AGRADECIMIENTOS DE LA EDICIÓN VENEZOLANA

Deseamos agradecer a las siguientes personas, ya que sin su colaboración la publicación de este Manual en Venezuela no hubiera sido posible:

Christopher Wells

Compromiso Empresarial para el Reciclaje (CEMPRE)

Joaquín Zepeda

Director de Ambiente para América Latina de Procter & Gamble

Mariela Urbaneja

Asociación para la Defensa del Ambiente y de la Naturaleza (ADAN)

María del Carmen Polanco

Asociación para la Defensa del Ambiente y de la Naturaleza (ADAN)

Pedro Fábrega

Xerox de Venezuela

Rebeca Sánchez

Planta Experimental de Tratamiento de Aguas (PETA)

Beatriz Pericchi

Asociación de Productores de Pulpa, Papel y Cartón (APROPACA)

“... es necesario incentivar una mayor comprensión
acerca de nuestro enorme desperdicio ...”

(Noel Grove, 1994)

Prefacio a la Edición Brasileira

El presente Manual, parte de una constatación muy simple: los residuos sólidos urbanos están causando una creciente degradación en la vida de todos nosotros, y este deterioro ya está provocando serios problemas políticos. Este Manual de gestión integral de los residuos sólidos urbanos, concebido por el IPT y CEMPRE, ofrece las herramientas para enfrentar, o si es posible evitar, los problemas que los residuos fatalmente causarán a la administración de cada municipio.

El IPT, en sus funciones de generación y transferencia de tecnología, ha estado atendiendo en los últimos años, un número cada vez mayor de consultas de prefecturas, empresas y técnicos involucrados en la solución de los problemas relacionados a los residuos urbanos e industriales.

CEMPRE, dedicado directamente a cuestiones de reciclaje, dentro del concepto de gestión integral de los residuos, viene acompañando experiencias en Brasil y fuera, incentivando y divulgando los mejores resultados.

Este Manual pretende examinar, paso a paso, toda la trayectoria de los residuos sólidos urbanos: desde la recolección regular de puerta a puerta al relleno sanitario; desde la composición de los residuos a las verdaderas oportunidades de mercado de los productos reciclados. Ayudar a descubrir cuánto se gasta hoy con los residuos sólidos urbanos en la ciudad, cómo y dónde mejorar los servicios y obtener mejor rendimiento con los recursos financieros que los residuos consumen.

Problemas que no se resuelven solos

Desde las ciudades más populosas hasta las comunidades más carentes, un número creciente de ciudadanos y administradores municipales están esforzándose para encontrar las mejores soluciones a las cuestiones de los residuos sólidos urbanos. Esos problemas son realmente nuevos y, por desgracia, no se resuelven solos.

Las situaciones difieren mucho de municipio a municipio. Sin embargo, se puede garantizar que, frente a los recursos humanos y materiales de cada administración, sus dificultades serán siempre grandes.

De manera diferente, los problemas de la basura hoy en día están trastornando a las diversas ciudades brasileiras, y de esta manera, afectando algunas administraciones más gravemente que a otras.

De todos modos, esto no significa que los problemas sean menores o más fáciles en las localidades donde parece que incomodan menos. Problemas actualmente invisibles pueden, en poco tiempo, llegar a causar grandes dificultades a la colectividad.

No existen ventajas en dejar la solución para más tarde. Un municipio puede no estar registrando, aún, consecuencias muy graves de contaminación ambiental, como por ejemplo, en la salud de sus habitantes. El rigor de la ley o las incómodas presiones populares pueden no estar molestando todavía a una administración municipal, pero ciertamente lo harán.

Con todo, hay una ventaja en esta “normalidad” presente: la situación puede ser enfrentada con calma y seguridad. La administración municipal puede contar más fácilmente con la colaboración y la participación positiva de sus ciudadanos. Esa es la mejor manera para encontrar soluciones más adecuadas e inclusive formas más inteligentes y provechosas de financiamiento.

La basura ya no es la misma

En los últimos veinte años, Brasil cambió mucho, y su basura también.

El crecimiento acelerado de las ciudades y, al mismo tiempo, los cambios en el consumo de los ciudadanos, son también factores comunes a todos los municipios, lo que viene generando una basura muy distinta de la que las ciudades producían treinta años atrás.

La basura actual es diferente en *cantidad y calidad*, en volumen y en composición.

Hoy, cada vez más, la población de los municipios se concentra en las ciudades. Por tal

motivo, es casi imposible encontrar una ciudad que ya no tenga, por ejemplo, una gran cantidad de embalajes en sus residuos, cada vez más voluminosos. Muchos municipios pequeños incorporados dentro de regiones metropolitanas, viven los mismos problemas que las capitales y ciudades como Nueva York y Tokio.

También los residuos sólidos rurales cambiaron en estos últimos años. Antes, estaban formados casi exclusivamente por restos orgánicos, que los animales domésticos o la naturaleza eliminaban rápidamente. Últimamente se han transformado en un volumen creciente de recipientes y bolsas plásticas, que se acumulan en los establecimientos o se esparcen a lo largo de las carreteras.

El propietario rural sabe que esos residuos requieren cuidados especiales. Los recipientes de agrotóxicos pueden causar graves daños al ambiente e inclusive las bolsas plásticas más “inocentes” como las de sal, pueden llegar a ser fatales para el ganado que las encuentra y las come.

Pequeñas ciudades que viven de la producción agrícola, y otras con sus industrias, vienen implantando nuevas políticas y medidas para lidiar mejor con sus residuos.

Los casi cinco mil municipios brasileros enfrentan como pueden sus dificultades con la basura. Sobran problemas ambientales y de salud pública, y aunque ninguna administración lo desee, casi siempre se presentan pérdidas financieras.

De las experiencias positivas, e inclusive de aquellas que resultaron erradas, se pueden obtener lecciones de gran provecho.

Como en toda situación compleja, es fácil imaginar que los simples trasplantes de soluciones acostumbran a no funcionar. Una alternativa óptima para una ciudad puede resultar un desastre para otras, incluyendo sus poblaciones vecinas.

No existe ni solución mágica, ni solución pronta

Muchas veces, algunas soluciones para la gestión de la basura son presentadas como soluciones mágicas. Verdaderamente, mucha cosa es simplificada: ciertos datos importantes son olvidados y algunas ventajas son exageradas de modo fantasioso.

Una innovación en la gestión de los residuos, que acabe en un fracaso, causa gran perjuicio a la comunidad y a su administración. Junto con una decisión mal pensada, ciertas ideas muy buenas se descartan y las soluciones al problema de la basura terminan en nada.

Es necesario tener mucho cuidado con las alternativas que se presentan garantizando grandes ventajas económicas, ganancias y/o la completa eliminación de los daños ambientales.

Ninguna solución puede librar a un municipio de dar un “entierro” controlado a una parte considerable de sus residuos, ni a través del reciclaje ni del máximo compostaje. Ni siquiera a través de la incineración, la administración municipal quedará libre de muchos residuos, que deberán ser tratados y desechados en forma controlada.

Según este Manual demuestra, es posible para las administraciones públicas conseguir mejorar la aplicación de sus recursos, mejorando las consecuencias ambientales de la disposición final de los residuos sólidos de cada municipio.

Para tal fin, se deben examinar con claridad y cautela datos económicos y administrativos, y, todo el conjunto de alternativas se deberán analizar correctamente sin preconceptos ni pasiones.

De este modo, cada municipio podrá obtener una solución “a su medida” para sus problemas, analizando sin artificios la forma como se presentan hoy y como podrán presentarse en un futuro.

Un manual a la medida de la demanda

Desde sus páginas iniciales, el presente Manual se esfuerza por alcanzar su objetivo principal: ofrecer los medios para que las autoridades y los técnicos municipales puedan resolver sus problemas de la mejor manera posible.

Lejos de ser una simple vitrina de oferta de soluciones, aquí se buscan salidas concretas

para un círculo vicioso que, muchas veces, perturba la adopción de soluciones *progresivamente* más correctas.

Ese círculo vicioso se manifiesta en la exigencia de un *máximo* imposible de alcanzar, que impide lo *bueno*, condena lo *razonable* y acaba finalmente, resignándose con lo *peor*, ya que es practicado por la inmensa mayoría.

Para su elaboración se utilizó como uno de los instrumentos iniciales, la mayor aproximación con la realidad. Así, fue realizada una consulta simultánea a todos los municipios brasileiros, a través de un cuestionario de página única, aparentemente muy simple.

El interés de las respuestas recibidas (el 20% de los consultados) y las revelaciones de su contenido, similares a los datos obtenidos por el Instituto Brasileiro de Geografía y Estadística - IBGE, sirvieron para pautar los ítems de este Manual y relacionarlo con la demanda real de orientación técnica.

Los municipios brasileiros que enviaron sus respuestas, reúnen más del 50% de la población brasileira y se distribuyen representativamente en el territorio del país (Norte -30; Nordeste -158; Centro-Oeste -68; Sureste -461, y Sur -295 municipios).

A pesar de que prácticamente la totalidad de los municipios que respondieron cuentan con la recolección de la basura domiciliaria, en menos del 10% se realizan trabajos de compostaje, recolección selectiva e incineración de los residuos hospitalarios. Se destaca que menos del 20% declararon utilizar rellenos sanitarios.

El vertedero, destino final de más del 70% de toda la basura brasileira recolectada, es enemigo no sólo del ambiente del municipio, sino también de la salud de sus ciudadanos. El vertedero es enemigo de todas las soluciones que reducen el volumen y los peligros de la basura.

De hecho, si los ciudadanos y las administraciones consideran al vertedero como una solución *gratis* para sus desechos, todas las otras soluciones les parecerán *muy caras*.

El presente Manual pretende ofrecer las bases necesarias para superar este tipo de *malentendido*.

Cuidar de la basura es seguro y ventajoso

De la totalidad de los municipios brasileiros, no son muchos los que han conseguido soluciones satisfactorias desde el punto de vista ambiental y económico. Al contrario de ser desalentadores, los ejemplos conocidos muestran que hay soluciones posibles, mismo en las actuales crisis y transformaciones de desarrollo del país.

Los ejemplos exitosos incluyen municipios grandes y pequeños, agrícolas e industriales.

Soluciones innovadoras han dado en el blanco en municipios donde la administración pública tomó la iniciativa, contando con el esfuerzo y la colaboración ciudadana y, en la mayoría de los casos, generando nuevos empleos y nuevas oportunidades de negocios.

Considerando sus realidades y sus recursos, esas soluciones fueron siendo implantadas de acuerdo con las necesidades y las posibilidades de cada municipio.

En lugar de intentar importar recetas ya hechas, aquí se sugiere el camino para adaptar y crear soluciones, partiendo de la realidad del propio municipio.

La medida para establecer si una alternativa es exitosa, debe ser la cantidad de basura y de sus problemas que son vencidos, en el corto y en el largo plazo.

Además del deber cumplido, un premio para estas iniciativas es, sin duda, el reconocimiento del éxito, no sólo dentro del propio municipio sino, muchas veces, más allá de las fronteras del Brasil.

Cuidar de la basura no es una moda, ni tampoco una bestia-de-siete-cabezas. Este Manual quiere ayudar a mostrar que esto es posible para cada una de las administraciones, para los prefectos y para sus técnicos municipales.

Fernando Luiz Prandini - IPT

Niza Silva Jardim - IPT

Vinicius Gomes Taveira Mano - IPT

Maria Luiza Otero D'Almeida - IPT

Christopher Wells - CEMPRE

Unidades de medida citadas en el manual

Parámetro	Sistema Internacional - SI	Otros sistemas
Longitud	m.....metro	cm.....centímetro mm.....milímetro km.....kilómetro
Peso	kg.....kilogramo	g.....gramo t.....tonelada ng.....nanogramo
Tiempo	s.....segundo	h.....hora min.....minuto
Temperatura	K.....Kelvin	°C.....grados Celsius °F.....grados Fahrenheit
Superficie	m ².....metro cuadrado	cm ².....centímetro cuadrado km ².....kilómetro cuadrado ha.....hectárea
Volumen	m ³.....metro cúbico Nm ³....normal metro cúbico*	cm ³.....centímetro cúbico L.....litro
Peso específico	kg/m ³.....kilogramo por metro cúbico	g/cm ³.....gramo p/centímetro cúbico
Fuerza	N.....Newton	kgf.....kilogramo fuerza
Energía	J.....Joule	cal.....caloría
Poder calórico	MJ/kg...megajoule por kg	kcal/kg.....kilocaloría por kg

(*) Representa una determinada cantidad de gas con volumen de 1 m³ en las condiciones normales de presión y temperatura: 101,325 kPa (760 mm Hg), 273,16 k.

INDICE

CAPÍTULO I

LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

- 1 ¿Qué es la gestión integral de los residuos sólidos urbanos?
- 2 ¿Hacia dónde va la población del mundo?
- 3 ¿Qué está pasando en el Uruguay?
- 4 Cuestionario para la toma de decisiones necesarias
- 5 Gestión integral de los residuos

REFERENCIAS

CAPÍTULO II

ORIGEN Y COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

- 1 ¿Qué son los residuos sólidos?
- 2 ¿Cómo clasificar los residuos sólidos?
- 3 ¿Qué se analizará en este manual?
- 4 ¿Qué se debe saber acerca de los residuos sólidos del municipio?
- 5 ¿Cómo caracterizar los residuos sólidos?
- 6 Consideraciones sobre los componentes potencialmente peligrosos en los residuos sólidos domiciliarios

REFERENCIAS

CAPÍTULO III

SERVICIOS DE LIMPIEZA

Introducción

- 1 Acondicionamiento de los residuos
- 2 Recolección y transporte de los residuos sólidos
- 3 Equipos de recolección y transporte
- 4 Dimensionamiento de la recolección domiciliaria
- 5 Residuos de los servicios de salud y hospitalarios - Recolección
- 6 Costos de recolección y transporte
- 7 Evaluación de la efectividad
- 8 Aspectos institucionales
- 9 Otros servicios de limpieza

REFERENCIAS

CAPÍTULO IV

DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

1 Introducción

- 1.1 ¿Qué es un relleno sanitario?
- 1.2 ¿Qué es un vertedero?

1.3 ¿Qué es un relleno controlado?

1.4 ¿Cómo es la disposición final de los residuos sólidos en los municipios de América del Sur?

2 Evaluación de la disposición actual

2.1 Evaluación de los principales problemas

2.2 Evaluación de las áreas de disposición actualmente existentes

2.3 Obtención de recursos

3 Decisión sobre la disposición final de los residuos sólidos urbanos del municipio

4 Transformación de un vertedero en relleno sanitario

4.1 Directrices técnicas

4.2 Problemas sanitarios

4.3 Problemas ambientales

4.4 Problemas operacionales

4.5 Elaboración del proyecto

4.6 Remediación del vertedero

4.7 Transformación en relleno sanitario

4.8 Procedimientos de operación del relleno sanitario

4.9 Cuidados durante la operación del relleno sanitario

4.10 Cierre y sellado del relleno sanitario

5 Remediación y cierre de vertederos: acciones mitigadoras

5.1 Método anaeróbico tradicional

5.2 Método semi-aeróbico

5.3 Método biológico

6 Estudios de viabilidad de las áreas destinadas para instalar rellenos sanitarios

6.1 Levantamiento de datos generales

6.2 Preselección de las áreas

6.3 Estudios para determinar la idoneidad de las áreas preseleccionadas

6.4 Consideraciones adicionales

7 Proyecto de relleno sanitario en áreas vírgenes

7.1 Concepción técnica

7.2 Dimensionamiento del relleno sanitario

7.3 Componentes del proyecto

7.4 Documento básico del proyecto

7.5 Orientación para la licitación

7.6 Resumen de la Norma Técnica Brasileira NBR-8419/84

REFERENCIAS

CAPÍTULO V

TRATAMIENTO

Introducción

PARTE 1

CLASIFICACIÓN DE MATERIALES

- 1 Mercado: la clave
- 2 Formas de actuación
- 3 Procedimientos para la clasificación de residuos sólidos urbanos
- 3.1 Recolección selectiva
- 3.2 Plantas de Clasificación
- 4 Clasificadores (hurgadores)

REFERENCIAS

PARTE 2

RECICLAJE DE LA MATERIA ORGÁNICA - COMPOSTAJE

- 1 ¿Qué es el compostaje?
- 2 El proceso de compostaje
- 3 La planta de clasificación y compostaje
- 4 ¿Qué tipos de residuos sólidos pueden ir a la planta de compostaje?
- 5 Pautas para proyectar una planta de clasificación y compostaje .
- 6 Creación de una planta de clasificación y compostaje
- 7 Operación de la planta de clasificación y compostaje
- 8 Alternativas de la planta, en función de la población atendida
- 9 El compost orgánico
- 9 Beneficios de una planta de clasificación y compostaje
- 11 La situación brasilera y uruguaya
- 12 Otras alternativas

REFERENCIAS

PARTE 3

RECICLAJE DE OTROS COMPONENTES

3.1 PAPEL

- 1 ¿Qué es el papel?
- 2 Diferentes tipos de papel
- 3 ¿Qué diferencia los papeles entre sí?
- 4 ¿En qué consiste el reciclaje del papel?
- 5 ¿Son todos los papeles reciclables?
- 6 ¿Cuál es el origen de las fibras secundarias?
- 7 Clasificación de las fibras secundarias de papel
- 8 ¿Qué tipos de papel se hacen con las fibras reciclables?

- 9 Proceso de reciclaje de las fibras secundarias de papel
- 10 ¿Cuáles son las ventajas del reciclaje del papel?
- 11 Factores que dificultan el reciclaje del papel
- 12 ¿Cuál es el futuro del reciclaje de papel?

REFERENCIAS

3.2 PLÁSTICOS

- 1 ¿Qué son los plásticos?
- 2 Los plásticos como residuos
- 3 ¿Cuáles son los tipos de plásticos?
- 4 ¿Cuáles son los plásticos de mayor consumo?
- 5 ¿Cuáles son los procesos para fabricar artículos plásticos?
- 6 ¿Dónde se generan los desechos plásticos?
- 7 ¿Qué hacer con los residuos plásticos?
- 8 El reciclaje del plástico
- 9 ¿Cómo identificar los tipos de plástico?
- 10 Procesos de reciclado de plásticos de residuos sólidos
- 11 Los beneficios del reciclaje del plástico
- 12 Dificultades para implantar un reciclaje del plástico
- 13 Comercialización del plástico reciclado
- 14 Situación uruguaya y proyecciones futuras

REFERENCIAS

3.3 EL VIDRIO

- 1 ¿Qué es el vidrio?
- 2 ¿Tienen todos los vidrios la misma composición?
- 3 Algunos productos de vidrio
- 4 Procesos para la fabricación del vidrio
- 5 El reuso del vidrio
- 6 El reciclaje del vidrio
- 7 ¿Qué vidrios se encuentran en los residuos sólidos domiciliarios?
- 8 Mercado del reciclaje y el reuso del vidrio

REFERENCIAS

3.4 METALES

- 1 ¿Qué son los metales?
- 2 Procesos de fabricación de los metales
- 3 Los metales en los residuos sólidos domiciliarios
- 4 El reciclaje de los metales
- 5 El mercado uruguayo de los metales
- 6 El reciclaje de las latas

REFERENCIAS

3.5 ESCOMBROS

- 1 ¿Qué son los escombros?
- 2 Los problemas planteados con los escombros
- 3 ¿Cuál es la situación mundial?
- 4 ¿Cómo tratar los escombros municipales?
- 5 ¿Qué se puede hacer con los escombros?
- 6 ¿Cuáles son los procesos y productos?
- 7 ¿Cómo implementar un sistema municipal de reciclaje?
- 8 Calidad de los agregados reciclados

REFERENCIAS

3.6 OTROS MATERIALES .

- 1 Neumáticos
- 2 Pilas / baterías
- 3 Lámparas fluorescentes
- 4 Residuos tóxicos contenidos en envases

REFERENCIAS

PARTE 4

INCINERACIÓN

- 1 ¿Qué es la incineración?
- 2 Planificación de un horno incinerador
- 3 Dimensiones de la usina
- 4 Tecnologías térmicas
- 5 Etapas en la incineración de los residuos sólidos
- 6 Gestión de la ceniza de incineración
- 7 Monitoreo y control automático
- 8 Costos de instalación de una usina de incineración
- 9 Tipos de instalación para la incineración de los residuos sólidos municipales
- 10 Operación y mantenimiento de incineradores
- 11 La incineración y la legislación
- 12 Incineración de los residuos sólidos de los servicios de salud y hospitalarios

REFERENCIAS

CONSIDERACIONES FINALES

ANEXO A - MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL

- 1 Introducción
- 2 La organización institucional ambiental
 - 2.1 Nivel nacional
 - 2.2 Nivel departamental

3 Principales aspectos de la legislación ambiental uruguaya

3.1 Protección del ambiente en general

3.2 La normativa sobre desechos

3.3 Calidad de aguas

3.4 Calidad del aire

3.5 Evaluación del impacto ambiental

3.6 Régimen de sanciones y responsabilidades

4 Selección de normas ambientales

4.1 Calidad del agua

4.2 Calidad del aire

4.3 Conservación de suelos

4.4 Desechos peligrosos y otros desechos

4.5 Áreas protegidas

4.6 Protección de las áreas costeras

4.7 Fauna, flora y diversidad biológica

4.8 Instrumentos internacionales

ANEXO B - NORMAS TÉCNICAS

¿Qué es una norma?

¿Cuál es la importancia de las normas?

¿Quién elabora las normas?

¿Cómo consultar normas citadas en el Manual y/o adquirirlas?

Relación de normas brasileñas por tema

ANEXO C - RELACION DE ENTIDADES Y ASOCIACIONES

¿Dónde conseguir informaciones para la gestión de los residuos sólidos urbanos?

Responsables por la elaboración de este Manual

Entidades gubernamentales

Entidades privadas



CAPITULO I

GESTION INTEGRAL

DE

RESIDUOS SOLIDOS

URBANOS

1 ¿Qué es la gestión integral de los residuos sólidos urbanos?

Es el conjunto articulado de acciones normativas, operacionales, financieras y de planificación, que una administración municipal desarrolla, basándose en criterios sanitarios, ambientales y económicos, para recolectar, tratar y disponer los residuos sólidos de su ciudad.

Por lo tanto, gestionar los residuos sólidos de una manera integral significa limpiar el municipio (con un sistema de recolección y transporte adecuados) y procesar los residuos utilizando las tecnologías más compatibles a la realidad local, dándole un destino final ambientalmente seguro, tanto en el presente, como en el futuro.

Gestionar los residuos sólidos de forma integral significa cuidarlos bien desde la generación a la disposición.

Significa tener conciencia de que todas las acciones y operaciones implicadas en la gestión están coordinadas y se influyen las unas a las otras, porque:

- la recolección mal planificada encarece el transporte;
- el transporte mal dimensionado, además de generar perjuicios y reclamos, perjudica las formas de tratamiento y disposición final;
- el tratamiento mal dimensionado no alcanza los objetivos deseados y se vuelve blanco fácil de las críticas.

Cada municipio debe buscar su propio modelo de gestión, y tener presente que: la cantidad y la calidad de los residuos sólidos generados por el municipio es principalmente una función de su población, economía y grado de urbanización.

2 ¿Hacia dónde va la población del mundo?

Hasta donde nos lo permite conocer la Historia, hoy en día nos encontramos en una situación sin precedentes: nuestros espacios de reserva están disminuyendo, y la Tierra parece volverse demasiado pequeña para su creciente población.

En el inicio de la era cristiana, había unos 200 millones de personas en el mundo⁶. Ya en 1750, la población del mundo estaba en el entorno de mil millones de habitantes, número que prácticamente se mantuvo igual hasta fines del siglo pasado. Sin embargo, una serie de factores, entre los cuales sobresalen los avances de la medicina y la tecnificación de la agricultura, crearon, a partir de entonces, las condiciones para un crecimiento extraordinario de la población mundial, que hoy alcanza casi los 6 mil millones de habitantes¹⁵.

A pesar de las guerras y las epidemias, la población mundial aumentó en este siglo en casi 5 mil millones de individuos. De este modo es aceptable la previsión, para los próximos 30 años, de un aumento de 3 mil millones de habitantes, llegando a un total de 9 mil millones¹⁵.

El aumento de la población mundial conlleva un aumento en el uso de las reservas del planeta, de la producción de bienes - y también de la generación de residuos.

Vinculado a lo anterior, viene la contaminación del suelo, de las aguas (subterráneas y de superficie) y del aire, llevando a un continuo y acelerado proceso de deterioro de nuestro ambiente, con una serie de implicancias negativas en la calidad de vida de sus habitantes y en sus bienes naturales. Una parte significativa de este deterioro se debe al tratamiento inadecuado de los residuos generados.

El grado de urbanización también está creciendo. En 1800, apenas 5 de cada 100 habitantes vivía en ciudades. Desde entonces a esta parte, el número aumentó a 40. El ser humano está saliendo de la zona rural para ir a la ciudad.

FIGURA 1
Población Mundial (1950 - 2025)¹

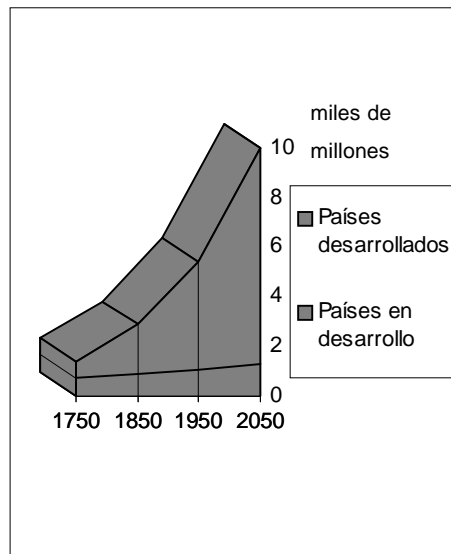
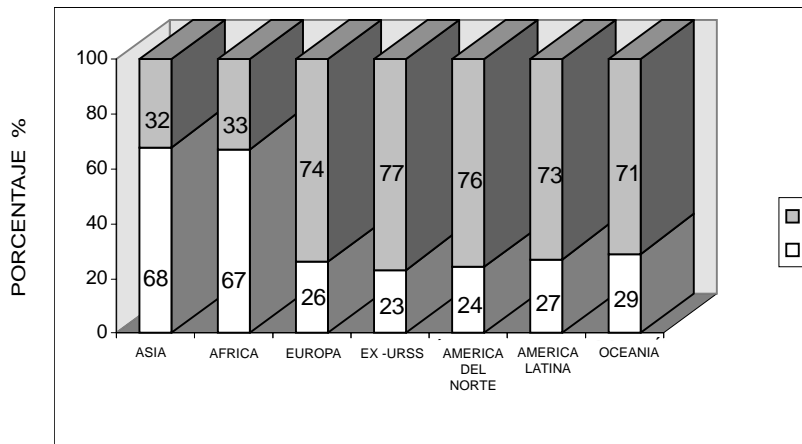


FIGURA 2
Distribución de la densidad rural y urbana en 1992⁶



Los residuos sólidos están adquiriendo dimensiones crecientes. Los Estados Unidos lideran al mundo entero en cuanto a su producción de residuos sólidos. De acuerdo con la EPA - Environmental Protection Agency, el órgano de control ambiental federal de los Estados Unidos - cada norteamericano produce 1,63 kg/día de residuos, lo cual significa que se generan más de 200 millones de toneladas anuales de residuos en ese país.

Esa cantidad es suficiente para llenar un convoy de camiones basureros que diera ocho veces la vuelta al globo terrestre. De ese total, dos tercios se destinan a rellenos sanitarios, 16% es incinerado, y lo restante es separado y es reciclado. Este último valor tiende a crecer para el futuro, debido a que los programas de recolección selectiva para reciclaje van en continuo aumento. En 1988, esos programas eran casi un millar. Hoy son más de 5.000 y ocupan unos 85 millones de personas¹¹.

3 ¿Qué está pasando en Uruguay?

Generalidades

La República Oriental del Uruguay se divide en 19 departamentos, la administración de las cuales es ejercida por los Intendentes Municipales (órgano ejecutivo) y por las Juntas Departamentales (órgano legislativo). La división política del país en estos departamentos se presenta en la Figura 3.

FIGURA 3
División política del territorio



Gentileza de Ed. Santillana

Definiciones

Como en la conversación común es usual el uso indistinto de palabras que tienen significados diferentes, hacemos aquí una precisión de la terminología regional, cuyos gobiernos están directamente involucrados con los residuos sólidos urbanos.

Municipio, popularmente es usado para hablar del edificio donde se desarrollan las actividades administrativas de los gobiernos departamentales, pero en realidad significa el conjunto de habitantes de una misma jurisdicción regido por una administración.

Intendencia es el nombre que se le da a esa administración municipal en Uruguay. En otros países de habla hispana se habla de ayuntamiento, alcaldía, prefectura, etc.

Departamento hace referencia al territorio jurisdiccional, cada una de las partes en que se divide políticamente el territorio del país.

En la última reforma de la Constitución, votada por los uruguayos en noviembre de 1996, se distingue entre lo que es *materia departamental*, sobre la que ejercen la Intendencia y Junta Departamental, y la *materia municipal*, sobre la que se habilita la autoridad de los gobiernos locales o Juntas Locales³⁵.

Población

La población censada en 1996 es de 3.151.662 habitantes³⁷. De acuerdo a los resultados obtenidos en los censos anteriores la tasa media de crecimiento poblacional anual es del orden de 0.5%³⁴.

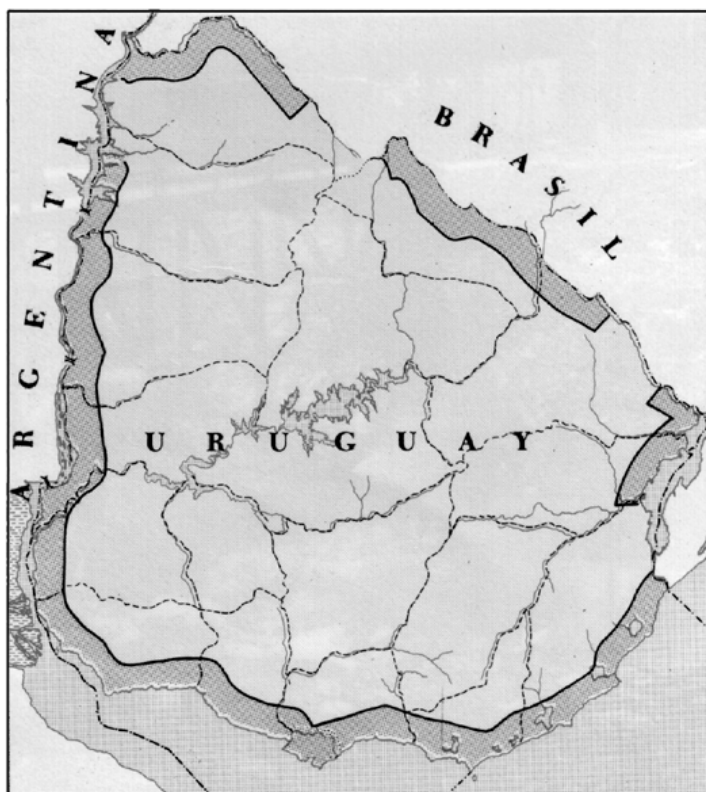
La población uruguaya tiene un origen fundamentalmente europeo. La inmigración europea se mantuvo hasta los años cincuenta, ocurriendo en la segunda mitad del siglo movimientos emigratorios. Entre 1965 y 1983 emigraron 350.000 personas mayoritariamente de población en edad activa de Montevideo y fundamentalmente hacia Argentina³⁴.

El país ha experimentado una acelerada urbanización, con una marcada centralización en la ciudad capital, Montevideo, la que en conjunto con sus alrededores forma una región metropolitana que tiene la mitad de la población del país³⁴.

De cada 10 uruguayos 9 viven en ciudades. Particularmente las ciudades de la zona fronteriza según se puede apreciar en el mapa de la Figura 4³⁴.

FIGURA 4
Distribución de la población³⁸

■ Franja de 20 km de ancho donde viven 8 de cada 10 uruguayos



Gentileza de Ed. Santillana

Los centros con mayor crecimiento poblacional corresponden a la expansión conurbana al este de Montevideo, lo que se denomina la Ciudad de la Costa en el departamento de Canelones.

Ha habido una evolución regional en función de las actividades socioeconómicas. Según el Análisis Sectorial de Residuos Sólidos en el Uruguay de 1996³⁴, en base a características de desarrollo (diversificación, inmigración, educación, agroexportación y empleo industrial), se han identificado indicadores socioeconómicos que permiten caracterizar regiones homogéneas. La distribución geográfica y la población de esas regiones se muestra en el cuadro siguiente:

REGIONES CARACTERÍSTICAS DEL URUGUAY³⁴

Datos del Instituto Nacional de Estadística . VII Censo General de Población -
22 de mayo de 1996

Región	Departamentos	Población urbana	Población
NORESTE	Artigas	66.596	75.066
	Cerro Largo	69.209	82.524
	Treinta y Tres	42.354	49.507
	Rivera	84.120	98.489
	Rocha	62.134	70.296
		324.413	375.882
CENTRAL	Flores	21.301	25.031
	Florida	53.937	66.514
	Tacuarembó	68.301	84.295
	Durazno	46.869	55.715
	Lavalleja	50.456	61.089
		240.864	292.644
LITORAL	Salto	104.034	117.600
	Paysandú	100.937	111.528
	Río Negro	38.333	51.707
	Soriano	70.332	81.565
		313.639	362.400
SUROESTE	Colonia	101.292	120.241
	San José	75.258	96.664
		176.550	216.905
SURESTE	Canelones	384.716 ¹	443.053
	Maldonado	119.582 ²	127.502
		504.298	570.555
SUR	Montevideo	1.307.562	1.344.839
		1.307.562	1.344.839
TOTAL		2.872.077	3.163.763

1 Se deben agregar 30.000 personas en temporada de diciembre a marzo

2 Se deben agregar 100.000 personas en temporada de diciembre a marzo

¿Qué hace el Uruguay con sus residuos?

Según el Análisis Sectorial de Residuos Sólidos citado anteriormente, el país “a partir de fines de la década de los ochenta, ha iniciado un proceso de reflexión sobre la temática relacionada al medio ambiente, salud y desarrollo, sintetizada mediante el Estudio Ambiental Nacional³⁶. El ejercicio realizado oportunamente identificó los rezagos en las principales áreas ambientales, destacándose entre éstas la componente de residuos sólidos con su escasa inversión y debilidad institucional”.

Del análisis efectuado por los técnicos de la Dirección Nacional de Medio Ambiente en colaboración con técnicos de la Organización Panamericana de la Salud y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, se emite el informe previamente mencionado. La orientación de análisis técnico de ese documento no es la de este Manual, pero a los efectos de dar idea de la situación actual del país, es interesante extraer de allí muy sintéticamente, los resultados sobre los temas estudiados:

“Las principales instituciones nacionales relacionadas al sector de residuos sólidos urbanos y las entidades responsables de los servicios: se establece que en la actual estructura institucional no se percibe en su globalidad al sector.

El marco legal: se destaca tanto la inexistencia de una norma de alcance nacional que integralmente regule el manejo de los residuos sólidos. Esto crea incertidumbre acerca la actuación de los usuarios y la administración.

Los aspectos técnicos: a) se identifica un bajo nivel de atención prestado al servicio de la disposición final, donde la mayoría de los departamentos operan vertederos a cielo abierto, existiendo aún procedimientos de alimentación animal y quema de residuos a cielo abierto; b) la cobertura de recolección de residuos sólidos urbanos es del 84%. Esta cobertura puede ser optimizada mediante el ajuste en la eficiencia del equipo de recolección; c) con relación al manejo de los residuos sólidos infecciosos y peligrosos procedentes de los hospitales, mencionan que no se realiza una clasificación intrahospitalaria como práctica corriente. En la mayor parte del país, se recolectan en forma conjunta con los residuos de origen doméstico y son dispuestos en los vertederos a cielo abierto.

El análisis económico - financiero: la contabilización y presupuestación en las intenciones no permite efectuar un seguimiento y control de cuentas, a la vez que registra la información del sector en conjunto con otros servicios municipales.

El análisis de ambiente y salud: fue identificado el impacto ambiental de una inadecuada gestión de residuos; con respecto a los aspectos asociados a las condiciones de salud de la comunidad, con el nivel de datos disponibles, no se presenta una relación de causa-efecto determinante.

Los aspectos socioculturales: para la sociedad civil uruguaya en general, el problema de los residuos sólidos es una competencia municipal, responsable directa de la recolección, barrido y disposición final de los residuos sólidos urbanos. En general la población no tiene conciencia respecto a la importancia de contribuir mediante sus hábitos en la realización eficiente del servicio de recolección y disposición final de residuos. No existen programas permanentes de educación formal, no formal e informal vinculados a temas de limpieza pública y sus aspectos sanitarios asociados.”

Con respecto a los hábitos de la población en cuanto a su relación con los residuos que generan, se observa una marcada diferencia entre los habitantes de Montevideo y los del resto de las ciudades. En Montevideo, hay un mayoritario acostumbramiento a convivir con los residuos desparramados por calles, plazas, etc.

La presencia de grupos sociales como el de los clasificadores informales o hurgadores, no debe dejarse de lado cuando hay que considerar la temática de residuos sólidos en Uruguay.

Esta situación descrita anteriormente refuerza el entusiasmo por producir un Manual como el presente, a pesar de lo difícil de conseguir un resultado que sirva igualmente para

los pequeños municipios o las regiones menos pobladas, y sirva también a ciudades de 50.000 habitantes. Debiendo considerar además el caso del área metropolitana de Montevideo (Montevideo, y parte de Canelones y San José), la que presenta problemas semejantes a cualquier otra región metropolitana del mundo. Para unos la búsqueda de soluciones locales alternativas podrá ser lo ajustado, para otros, quizás, habrá que considerar tecnologías más sofisticadas de costos elevados.

Sin embargo existen algunos problemas que se pueden identificar como comunes a cualquier municipio, inclusive de países diferentes. Veamos en el cuadro siguiente la situación brasilera.

Problemas comunes con las ciudades brasileras

La producción de residuos sólidos en las ciudades brasileras es un fenómeno inevitable, que ocurre diariamente en cantidades y composiciones que dependen del tamaño de la población y de su desarrollo económico.

Los sistemas de limpieza urbana, de competencia municipal, deben eliminar los residuos sólidos de las poblaciones, y darle un destino ambiental y sanitariamente adecuado.

Esta tarea no es fácil, ya que es obstaculizada por problemas, tales como:

- inexistencia de una política de limpieza pública;
- limitación financiera, presupuestos inadecuados, flujo de caja desequilibrado, tarifas desactualizadas, recaudación insuficiente e inexistencia de líneas de crédito;
- falta de capacitación técnica y profesional -desde el peón hasta el ingeniero en jefe;
- falta de continuidad política y administrativa;
- falta de control ambiental.

Estos problemas provocan degradación ambiental, deslizamientos, inundaciones, propagación de transmisores de enfermedades, contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, polución atmosférica y contaminación del aire.

Con la idea de auxiliar a todos los municipios del mismo modo, se brinda una serie de preguntas. El ejercicio de responderlas ayudará en la toma de decisiones necesarias para iniciarse en la gestión integral de los residuos sólidos urbanos.

4 Cuestionario para la toma de decisiones necesarias

Existe un sin fin de modelos para la gestión integral de los residuos sólidos. En esta infinidad de opciones, ninguna sugerencia o consulta foránea puede sustituir al buen sentido y la sabiduría que suele haber en los ciudadanos y en su administración municipal.

Las prioridades máximas para cualquier modelo deben ser:

- recolectar todos los residuos sólidos de responsabilidad municipal;
- darle a los residuos sólidos un destino final adecuado;
- buscar formas para procesar los residuos sólidos del propio municipio. Considerar que esas formas sólo darán resultados positivos y duraderos si responden a exigencias claras, tanto ambientales como económicas;
- hacer campañas o implantar programas educacionales que procuren crear conciencia sobre la necesidad de la limpieza de la ciudad, e incentivar iniciativas que logren disminuir la generación personal de residuos.

Las preguntas que siguen tienen como finalidad:

- Suministrar a las intendencias elementos que les permitan trazar sus propias metas y planificar la gestión integral de los residuos sólidos, a través del conocimiento:
 - de la dimensión actual del problema;
 - de las proyecciones para el futuro;
 - de los recursos humanos, materiales, financieros y físicos disponibles, o que se podrán obtener.
- Facilitar la consulta de este Manual, cuyos capítulos están indicados al final de las preguntas.

Diagnóstico de la situación actual del municipio

Procure responder por escrito a las preguntas de este cuestionario, y en la forma más detallada posible. El resultado servirá como una herramienta para una mejor planificación.

- 1 ¿Conoce la intendencia sus responsabilidades en cuanto a los residuos sólidos de su municipio? (*Anexo A - Legislación*)

- 2 ¿Cuáles son los tipos de residuos producidos en su municipio? (*Capítulo II*)
 domiciliarios: agrícolas: servicios de salud:
 públicos: industriales: escombros:
 comerciales: puertos, aeropuertos y terminales:
 otros: _____

- 3 ¿Cuántos residuos sólidos genera diariamente su municipio? (*Capítulos II y III*)
 _____ toneladas por día.

- 4 Del total de los residuos generados, ¿cuánto es recolectado? ¿Cubre la recolección toda el área urbana del municipio? (*Capítulo III*)
 _____ toneladas por día. Si No

- 5 ¿Cuál es la composición de los residuos sólidos recolectados por la intendencia? (Ej.: papel, vidrio, plástico, materia orgánica, etc.) (*Capítulo III*)
 _____% materia orgánica, _____ % papel, _____ % vidrio,
 _____% plástico, _____ % metal, _____ % otros.
 ¿Cuáles? _____

- 6 ¿Cuáles son los tipos de servicios de limpieza ofrecidos por la intendencia (recolección y transporte de los residuos sólidos domiciliarios, comerciales y públicos)? (*Capítulo III*)
 Recolección y transporte de los residuos sólidos domiciliarios/comerciales _____
 Otros servicios de recolección y transporte (hospitalario, limpieza de alcantarillas y sitios públicos, etc.) _____

- 7 ¿Cuánto gasta la intendencia en los diversos servicios de limpieza ofrecidos? (*Capítulo III*)
 \$ _____ mes, en recolección y transporte de los residuos sólidos
 _____ domésticos/comerciales.
 \$ _____ mes con otros servicios de recolección y transporte.

 Total, \$ _____ / mes.

- 8 ¿Dónde está el punto de disposición final de los residuos sólidos? (use un mapa del municipio para localizar esta(s) área(s)).

- 9** La disposición final se hace en vertedero, relleno controlado, relleno sanitario, ¿o fuera del municipio?
 Vertedero: Relleno controlado: Relleno sanitario:
 Fuera del municipio: (Capítulo IV)
- 10** Qué tipos de problemas (ambiental, salud pública, social, territorial) causa(n) el(los) sitio(s) de disposición final? (Capítulo IV)

- 11** Cuánto gasta la intendencia en el tratamiento de los residuos sólidos hasta su disposición final (sin contar los servicios de limpieza)? (Capítulo IV)
 \$_____ / mes (se deben incluir todos los costos, como: mano de obra, mantenimiento, operación, etc.)
- 12** ¿Pasan por algún tratamiento los residuos sólidos de su ciudad? En caso positivo, ¿cuál o cuáles? (Capítulo V)
 Sí: No:
 Clasificación para: Reciclaje , Compostaje , Incineración
- 13** En caso de que haya tratamiento, ¿cuántas toneladas de residuos dejan de ir al vertedero y/o relleno sanitario?
 _____ toneladas por día o toneladas por mes.
- 14** Si existe un tratamiento de los residuos, ¿cuáles son los costos (mantenimiento, equipos, mano de obra, etc.)? (excluir los costos de limpieza y disposición final)
 \$_____ / mes.
- 15** En caso de que haya tratamiento, ¿cuáles son las ventajas reales que con ello se consiguen?

- 16** ¿Existen tratamientos diferenciados para tipos de residuos diferentes (por ejemplo, de consultorios médicos, farmacias, embalajes -escombros-, etc.)? ¿Cuánto cuestan? ¿Cómo se pagan?

- 17** Si algún servicio/tratamiento ha sido abandonado o interrumpido, ¿la intendencia tiene claras las razones? ¿Y la población del municipio?

- 18** ¿De qué forma administra la intendencia los servicios de limpieza, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos (por administración directa, indirecta)?
 Administración directa _____
 Administración indirecta _____

- 19** Los empleados de la intendencia que trabajan con los servicios de limpieza pública ¿reciben un entrenamiento específico?
 Sí: No:
 ¿Cuándo? _____
- 20** ¿Existe evaluación, por parte de la intendencia, del funcionamiento de los servicios prestados (por reclamo, por auditoría pública)?
 Sí: No:
 ¿Cuál es la evaluación actual?
 Óptima: Buena: Regular: Mala:
- 21** ¿Cómo está compuesto el presupuesto de los servicios de limpieza pública?

- 22** ¿Qué parte del presupuesto de la intendencia se destina a los servicios de limpieza pública? (tomando en cuenta los servicios de limpieza -recolección y transporte-tratamiento disposición final)

- 23** ¿Cuál es la evaluación que hace la población con respecto a los servicios de limpieza pública?
 Óptima: Buena: Regular: Mala:

Todas las preguntas arriba formuladas deberán ser respondidas con base en el conocimiento que se tenga del municipio, de su historia y la memoria de los ciudadanos. Para obtener respuestas de buena calidad, puede darse que tengan que consultarse muchos documentos y muchas personas en el municipio.

No se olvide: lo que ya existe debe ser mejorado y valorizado.

PREVIENDO LA SITUACION FUTURA DEL MUNICIPIO

- ¿Cuáles son las expectativas de crecimiento de su municipio para dentro de 5 años? ¿Y para dentro de 10 años? (aumento de población, aumento del área urbana, aumento de la industrialización, etc.)

- ¿Qué cantidad de residuos se estima que se generará en su municipio de aquí a 5 años? ¿Y de aquí a 10 años? (*Capítulo II*)

- El sitio o sitios, donde los residuos sólidos son destinados hoy, tendrá espacio suficiente para recibirlos durante los próximos 10 años? En caso negativo, ¿cuántos años de vida útil se estiman para el sitio o sitios donde se recibe los residuos sólidos hoy? ¿Cuál es la situación del municipio con respecto a nuevas localidades donde se reciban los residuos sólidos? (*Capítulo IV*)

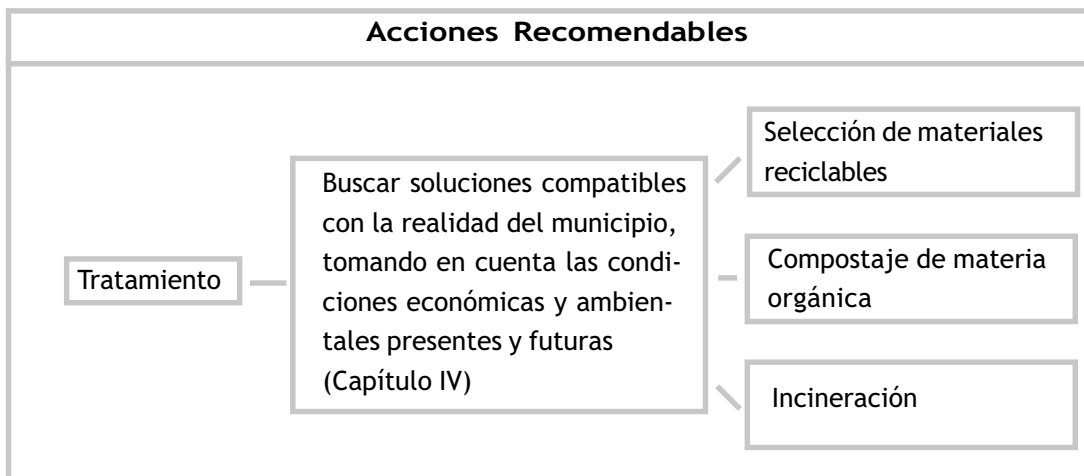
Sí: No: Vida útil (en años) _____ Nuevas localidades _____

5 Gestión integral de los residuos

Una vez establecidas las metas a corto, mediano y largo plazo, de acuerdo con la situación del municipio, se deben planificar una serie de acciones con miras a alcanzar estas metas. Las acciones se deben llevar a cabo **integralmente**, coordinando esfuerzos y usándolos racionalmente.

La realización integrada de las acciones planificadas, lleva a una gestión adecuada de los residuos sólidos - uno de los servicios municipales de mayor **visibilidad** por sus efectos inmediatos -, garantiza una **buena aceptación** de la administración municipal por parte de la ciudadanía, asegura salud y bienestar y significa **economía** de recursos públicos, además de satisfacer el mayor deseo, como es el de mejorar la calidad de vida de la generación actual y de las futuras, cuidando del medio ambiente.

Acciones Obligatorias		
SERVICIO DE LIMPIEZA PÚBLICA		METAS
Limpieza	Acondicionamiento, recolección y transporte	Recolectar y transportar todos los residuos sólidos de los cuales la intendencia es responsable
Destino (disposición) final de los residuos sólidos	Acondicionamiento, recolección y transporte	Poner remedio al vertedero Implantar el relleno sanitario
	Relleno sanitario	Asegurar que la operación alcance estándares técnicos y ambientales, lo cual implica el reuso del área en el futuro



Para poder visualizar este conjunto de acciones, fue preparado un cuadro con los pasos gerenciales (bajo forma de afiche adjunto), que procura reunir las alternativas posibles dentro de una jerarquía de trabajo. Las próximas páginas pretenden orientar sobre el uso de este cuadro.

Referencias

- 1 ALEXANDER, C.P. Two years after the Earth Summit it's time to take the pulse of the planet. *Time*, n.48, p.34-41, Nov. 1994.
- 2 BUSCHINELLI, C.C.A. Lixo urbano: alternativas de manejo; a questão de destinação final. En: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS SOBRE MEIO AMBIENTE, 2., 1989, Florianópolis. Anais... Florianópolis: UFSC, 1989. v.1, p. 29-37.
- 3 CARVALHO, R.S. Quem é quem na questão dos resíduos sólidos no Estado de São Paulo. São Paulo: SMA, Coordenação de Educação Ambiental, s.f. ni paginación.
- 4 CERVONE, B. Informaciones personales. São Paulo: LIMPURB, 1994.
- 5 CLARKE, M.J. Waste characterization studies and the solid waste hierarchy. *Resource Recycling*, v.11, n.2, p.75-84, Feb. 1992.
- 6 EMPRESABRASILEIRADE PESQUISAAGROPECUÁRIA. Atlas do meio ambiente de Brasil. Brasília: Ed. Terra Viva, 1994.
- 7 ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Decision-maker's guide to solid waste management. S.I., 1989. 155 p. (EPA/530-SW-89-072).
- 8 EVOLUÇÃO demográfica dos municípios das regiões metropolitanas brasileiras, segundo a base territorial de 1993, 1960/1991. Rio de Janeiro: IBAM/CPU/BAMCO, 1993. 22 p. (Estudos demográficos, 18).
- 9 FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTADÍSTICA. Pesquisa nacional de saneamento básico, PNSB, 1989. São Paulo: 1992. 70 p.
- 10 GONÇALVES, F.B. Algumas considerações sobre a administração dos resíduos sólidos no Brasil: opinião. S.I.: Universidad Libre del medio Ambiente, s.f. 4.p.
- 11 GOTTSEGEN, M., WHITMAN, H. The 50 percent solution: with wet/dry separation, it's achievable. Reprint from *Resource Recycling*, Jan. 1994. 4. p.
- 12 GROVE, N. Recycling. *Nat. Geographic*, p.92-115, July 1994.
- 13 GUIDELINES of solid waste management; guideline for construction of refuse treatment facilities... En: JAPAN INSTITUTE OF INFRA-STRUCTURE. Municipal waste disposal and resource recovery. S.I., 1982. Cap. 3, p. 77-89.
- 14 HURST, K., RELIS, P. The next frontier: solid waste source reduction. Santa Barbara: Community Environmental Council, Gildea Resource Center, 1988. 43 p. (Policy Paper).
- 15 JAMES, B. Recycling: our green world. East Sussex: Wayland Publ., 1991. 48 p.
- 16 JAPAN EXTERNAL TRADE ORGANIZATION. Information for solid wastes treatment in Japan. São Paulo, 1986. 15 p.
- 17 JAPAN EXTERNAL TRADE ORGANIZATION. Toward the creation of a new global environmental. São Paulo, s.f., 36 p.
- 18 LIXO urbano doméstico: governo de São Paulo encontra a solução para o interior. *Limpeza Pública*, n.41, p.27, abr./mayo/jun. 1993.
- 19 LUZ, F.X.R. Serviços municipais: limpeza pública. *Boletim do Interior*, v.16, n.7, p.371-391, jul. 1983.
- 20 MANSUR, G.L., MONTEIRO, J.H.R.P. O que é preciso saber sobre limpeza urbana. Rio de Janeiro: IBAM/CEPU, 1991, 128 p.
- 21 METADE das frutas colhidas no Brasil vai para o lixo: o desperdício de comida, presente nos grandes entrepostos e nas residências, representa prejuízo anual da ordem de US\$ 1 bilhão. *O Estado de São Paulo*, São Paulo, 19 ago. 1992. Suplemento Agrícola, p.10-11.
- 22 ABNT/CETESB. Resíduos sólidos. São Paulo, 1988, 376 p.
- 23 O QUE é preciso saber sobre limpeza urbana. *Noticiário IBAM*, n.313, dic. 1991.
- 24 PUWELS, G.J. Atlas geográfico Melhoramentos. [S.l.: s.n.].

- 25 PRADO FILHO, J.F. Lixo urbano: formas de disposição no ambiente. Revista de Geografia, v.10, p.75-92, 1991.
- 26 PROPOSIÇÕES básicas para una política brasileira de limpeza pública. En: CONGRESSO BRASILEIRO DE LIMPEZA PÚBLICA, 3., 1978, São Paulo. Anais... São Paulo: S.I., 1978. 78 p.
- 27 RELIS, P., DOMINSKI, A. Beyond the crisis: integrated waste management. Santa Barbara: Community Environmental Council. Gildea Resource Center, 1987. 48 p. (Policy Paper).
- 28 REMAI'91: 1. Encontro para Prefeitos de Metrôpoles Latino-Americanas sobre Gestão de Tecnologia de Resíduos: 1. Seminário Internacional de Gestão e Tecnologia de Tratamento de Resíduos; 1. Amostra Internacional de Tecnologias de Tratamento de Resíduos. Projeto Reciclagem, São Paulo, v.2., n.4, p.7, 1991.
- 29 ROYAL COMMISSION ON ENVIRONMENTAL POLLUTION. Managing waste: the duty of care report, 11. London: HMSO, 1985. 214 p.
- 30 SIQUEIRA, A. 92% do esgoto brasileiro é jogado nos rios. Folha de São Paulo, São Paulo, 3 feb., 1993.
- 31 WASTE disposal fact sheets. Food Cosmetics & Drug Packaging, p.2, Apr., 1990.
- 32 OFICINA CENTRAL DE ESTADÍSTICA E INFORMACION (OCEI). Proyección de la Población de Venezuela (1990-2025).
- 33 OFICINA CENTRAL DE ESTADÍSTICA E INFORMACION (OCEI). Anuario Estadístico de Venezuela. Caracas, 1994.
- 34 ANÁLISIS SECTORIAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN URUGUAY, Serie Análisis Sectoriales N°7, Plan Regional de Inversiones en Ambiente y Salud. Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud - Dirección Nacional de Medio Ambiente - Agencia de la República Federal Alemana para la Cooperación Técnica (GTZ) - Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Marzo 1996.
- 35 CONGRESO de Intendentes. Informaciones personales.
- 36 URUGUAY: Estudio Ambiental Nacional. Oficina de Planeamiento y Presupuesto, Organización de los Estados Americanos y Banco Interamericano de Desarrollo. 1992.
- 37 INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA. Datos Preliminares del VII Censo - 22.05.96.



CAPITULO II

ORIGEN Y COMPOSICION DE LOS RESIDUOS SOLIDOS

1 ¿Qué son los residuos sólidos?

Residuos son los restos de las actividades humanas, considerados por sus generadores como inútiles, indeseables o desechables. Residuos sólidos son los que se presentan en estado sólido, semisólido o semilíquido (es decir, con un contenido líquido insuficiente para que este material pueda fluir libremente)³.

Aunque basura y residuos sólidos sean la misma cosa, el término «residuos sólidos», o «residuos» para simplificar, será lo que usaremos con preferencia en este Manual.

2 ¿Cómo clasificar los residuos sólidos?

Existen varias formas posibles de clasificar los residuos sólidos. Por ejemplo:

- por su naturaleza física: seca o mojada.
- por su composición química: materia orgánica y materia inorgánica.
- por los riesgos potenciales: peligrosos, no-inertes e inertes.
- por su origen, esto es donde o quien los genera.

En este Manual se adoptará la clasificación por su origen, es decir, domiciliarios, comerciales, barrido de ferias, servicios de salud y hospitalarios; puertos, aeropuertos y terminales ferroviarias o rodoviarias, industrial, agrícola y escombros. La descripción de estos tipos de residuos se presenta a continuación. Luego se comenta la responsabilidad de su gestión. Finalmente se exponen los criterios que se utilizan para definir la peligrosidad de un residuo.

Clasificación por origen de los residuos sólidos

Domiciliarios

Son los residuos sólidos originados por la vida diaria de las residencias, y están constituidos por restos de alimentos (como cáscaras de frutas, verduras, etc.), productos deteriorados, periódicos y revistas, envases, embalajes en general, papel higiénico, pañales desechables y una gran diversidad de otros artículos. Contienen además algunos residuos que pueden ser peligrosos (ver el punto 6 de este Capítulo).

Comerciales

Son los residuos sólidos originados por los diversos establecimientos comerciales y de servicios, tales como supermercados, establecimientos bancarios, tiendas, hospedajes y hoteles, bares, restaurantes, escuelas, etc.

Los residuos sólidos de estos establecimientos y servicios tienen un fuerte componente de papel, plásticos, embalajes diversos y residuos de aseo de los empleados y usuarios, como toallines, papel higiénico, etc.

Barrido

Son los residuos sólidos originados por los servicios de:

- higiene pública urbana, incluyendo todos los residuos del barrido de las vías públicas, limpieza de playas, alcantarillado, cloacas, plazas y terrenos, restos de poda de árboles, etc.
- limpieza de áreas de ferias, constituidos por restos de vegetales diversos, envoltorios, cajas, etc.

De servicios de salud y hospitalarios

Son los residuos sólidos producidos por servicios de salud, tales como: hospitales, clínicas, laboratorios, farmacias, clínicas veterinarias, puestos de salud, etc. Están constituidos por:

(I) Residuos comunes: papeles, restos de la preparación de alimentos, residuos de limpiezas generales (polvos, cenizas, etc.) y otros materiales que no entran en contacto directo con los pacientes o con los residuos contaminados. Son considerados como residuos domiciliarios.

(II) Residuos contaminados: agujas, gasas, jeringas, vendas, algodones, órganos y teji-

dos extraídos y amputados, medios de cultivo y animales usados para ensayos, sangre coagulada, guantes desechables, medicinas vencidas, instrumentos de resina sintética, placas fotográficas de Rayos X, etc³⁵.

Puertos, aeropuertos, terminales rodo y ferroviarias.

Se consideran residuos peligrosos, ya que contienen o pueden potencialmente contener gérmenes patógenos traídos desde el extranjero a los aeropuertos, puertos y terminales ferro y rodoviarias. Básicamente son originados por material de higiene, aseo personal y restos de alimentos que pueden transmitir enfermedades provenientes de otras ciudades, estados o países.

También en este caso, los residuos comunes de estos locales se consideran como residuos domiciliarios.

Industriales

Son los residuos sólidos originados por las actividades de las diversas ramas de la industria, tales como, metalúrgica, química, petroquímica, papelera, alimenticia, etc.

Los residuos sólidos industriales son bastante variados, y pueden estar constituidos por cenizas, lodos, aceites, materias primas y productos no aptos para el uso, plásticos, papel, madera, fibras, goma, metal, escorias, vidrios y cerámicas, etc. En esta categoría se incluye la mayor parte de los residuos sólidos considerados peligrosos.

Agrícolas

Residuos sólidos de actividades agrícolas y pecuarias, como envases de abonos, insecticidas y herbicidas, raciones, restos de cosecha, etc.

En varias regiones del mundo, estos residuos ya constituyen una preocupación creciente, destacándose las enormes cantidades de estiércol animal generadas en los establecimientos ganaderos intensivos. Los envases de agroquímicos diversos, en general altamente tóxicos, en otros países han sido objeto de una legislación específica, para definir los cuidados acerca de su destino final y, a veces, corresponsabilizando a la propia industria fabricante de estos productos.

Escombros

Residuos de la construcción civil: demoliciones y restos de obras, tierra de excavaciones, etc. Los escombros generalmente son un material inerte, que puede ser reaprovechado.

Responsabilidad del manejo de los residuos sólidos según orígenes

En la legislación uruguaya, la única referencia directa al sector de residuos sólidos se encuentra en la Ley N° 9.515 del 28/10/35, sobre Administración de los Departamentos³⁴. Allí se establece que corresponde al gobierno departamental, la extracción de basuras domiciliarias y su traslación a puntos convenientes para su destrucción, transformación o incineración; así como proveer lo relativo a la limpieza de calles y sitios de uso público. (Ver Anexo A).

A modo informativo, se describe en la Tabla 1 el *régimen brasilero* de responsabilidades para los tipos de residuos sólidos según el origen de generación.

TABLA 1 ¿De quién es la responsabilidad por la gestión de cada uno de los tipos de residuos sólidos en Brasil?	
TIPOS DE RESIDUOS	RESPONSABLE
Domiciliaria	Prefectura
Comercial	Prefectura*
Pública	Prefectura
Servicios de salud	Generador (hospitales, etc.)
Industrial	Generador (industrias)
Aeropuertos y terminales	Generador (puertos, etc.)
Agrícola	Generador (agricultor)
Escombros	Generador*

Obs.:()* la prefectura es co-responsable por pequeñas cantidades (generalmente menos de 50 Kg), y de acuerdo con la legislación municipal específica.

Criterios para la clasificación según peligrosidad

Como base para esta clasificación se usa aquí la Norma Técnica Brasileña sobre Residuos Sólidos N° 10004, de setiembre de 1987, de la Asociación Brasileña de Normas Técnicas, (ver Anexo B), en la que se define como:

Residuos peligrosos

Aquellos que en función de sus características de inflamabilidad, corrosividad, reactividad, toxicidad, y patogenicidad, cuando son manejados o dispuestos de forma inadecuada pueden presentar riesgo para la salud pública, provocando o contribuyendo a un aumento de mortalidad o incidencia de enfermedades, y/o presentar efectos adversos en el medio ambiente.

Las especificaciones para determinar si alguna de las características citadas anteriormente es de tal grado que confiere peligrosidad al residuo en cuestión, están descritas al detalle en la norma y escapan el objetivo de este Manual.

Residuos inertes

Son aquellos que sometidos a un test de solubilización que está especificado, ninguno de sus constituyentes se encuentran en el líquido extractivo en concentraciones superiores a las de una lista que también está establecida.

Como ejemplo de estos materiales tenemos: rocas, ladrillos, vidrios, ciertos plásticos y gomas difíciles de descomponer.

Residuos no-inertes

Los que no entran en el grupo de residuos peligrosos ni en el de inertes.

Estos residuos pueden tener propiedades tales como combustibilidad, biodegradabilidad o solubilidad en agua.

3 ¿Qué se analizará en este Manual?

En este y en los capítulos siguientes se considerará los residuos sólidos municipales, es decir, los que son originados en un entorno urbano y están constituidos por los tipos: domiciliarios, comerciales y barrido, y que desde su recolección hasta su destino final son de atribución y responsabilidad exclusiva de las intendencias.

Por lo tanto, cuando a continuación se mencione el término «residuos sólidos», será con referencia a los residuos sólidos domiciliarios, a los residuos de comercios y servicios y a los residuos del barrido de mercados y sitios públicos. Cualquier otro sentido que se le dé a este término será expresamente especificado.

4 ¿Qué se debe saber acerca de los residuos sólidos del municipio?

La gestión integral de los residuos sólidos municipales debe comenzar por el conocimiento de todas las características, que inciden sobre su composición:

- número de habitantes del municipio;
- poder adquisitivo;
- condiciones climáticas;
- hábitos y costumbres de la población;
- nivel educacional.

Estas características son mejor expresadas por los siguientes factores:

- a) la cantidad de residuos generados;
- b) la composición física;
- c) los componentes fisicoquímicos.

todos indispensables para la correcta estimación de situaciones futuras.

Dicho de otro modo, tenemos que:

- a) los factores de generación consisten, básicamente, en la tasa de generación por habitante y en la población total del municipio;
- b) los parámetros físicos se expresan por características como: humedad, densidad y poder calorífico;
- c) la composición fisicoquímica se establece por la cantidad de elementos químicos -

Estimación de la cantidad de residuos generados

Objetivo: Pronosticar la cantidad de basura generada en el Municipio.

Aspectos por considerar:

- A. generación per capita de residuos (kg/habitante/día); estimación obtenida a través de procesos de muestreo.
- B. población del municipio;
- C. tasa de crecimiento poblacional (%)
- D. tasa de incremento futuro del servicio de limpieza (%).
- E. tasa de incremento de generación de basura per capita (%).

Estimaciones:

- Generación actual de residuos sólidos: $A \times B$ (kg/día)*.
- Generación futura de residuos sólidos: $\{(1 + D) \times (A \times (1+E)) \times (B \times (1 +))\}$ (kg/día).

Obs.: () esta cifra puede no corresponder a la población atendida por los servicios de limpieza, pues a veces no toda los residuos sólidos es recolectada.

TABLA 2

Informaciones necesarias para la planificación de la gestión de los residuos sólidos

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN	IMPORTANCIA
Tasa de generación por habitante (kg/día/hab)	Cantidad de residuos generados por habitante en un período de tiempo específico. Se refiere a las cantidades efectivamente recolectadas y a la población atendida .	Para la planificación de todo el sistema de gestión de los residuos sólidos, principalmente con respecto al dimensionamiento de instalaciones y equipos.
Composición física	Presenta los porcentajes de las fracciones de los residuos sólidos: papel, cartón, madera, trapos, cuero, plástico blando, materia orgánica, metal ferroso, metal no ferroso, vidrios, gomas y otros.	Para el estudio de aprovechamiento de las diversas porciones, y para el compostaje.
Densidad aparente	Relación entre la masa y el volumen de los residuos sólidos. Se calcula para las diversas fases de la gestión de los residuos sólidos.	Dimensionamiento del sistema de recolección y el tratamiento, determina la capacidad volumétrica de los medios de recolección, transporte y disposición final.
Humedad	Cantidad de agua contenida en la masa de los residuos sólidos.	En la selección del tipo de tratamiento y para la adquisición de los equipos de recolección; influye notablemente sobre el poder calorífico y la densidad, así como en la velocidad de descomposición biológica de los materiales biodegradables presentes en la masa de los residuos sólidos.
Nivel de materiales combustibles e incombustibles	Cantidad de materiales que se prestan para la incineración, y de materiales inertes.	Junto con la humedad, informa, aproximadamente, sobre las propiedades de combustión de los residuos.
Poder calorífico	Es la cantidad de calor generada por la combustión de 1 Kg de residuos sólidos mixtos, y no sólo aquellos materiales fácilmente combustibles.	Evaluación para las instalaciones de incineración.
Composición química	Normalmente se analizan: N, P, K, S, C, relación C/N, pH y sólidos volátiles.	En la definición de la forma más adecuada de disposición final.
Nivel de materia orgánica	Cantidad de materia orgánica contenida en los residuos sólidos. Incluye materia orgánica no-putrescible (papel, cartón, etc.) y putrescible (verdura, alimentos, etc.)	En la evaluación de la utilización del proceso de compostaje.

carbono, azufre, nitrógeno, potasio y fósforo -presentes en los residuos sólidos (Tabla 2); y por la composición física de los residuos sólidos municipales obtenida a través del análisis porcentual de sus componentes más comunes, tales como vidrio, plástico, metales, etc.

5 ¿Cómo caracterizar los residuos sólidos?

A la hora de considerar la caracterización de los residuos sólidos, es importante recordar que sus características varían a lo largo de su proceso, desde la generación hasta el destino final.

La fase inicial de la caracterización de los residuos sólidos domiciliarios de un municipio debe ser el estudio de las condiciones de la zona urbana, con miras a dar con la tecnología adecuada que se deba aplicar. Debe definirse muy bien el objetivo de la caracterización, pues para cada necesidad varían los tipos de análisis que se deben realizar y, por consiguiente, la metodología de muestreo.

Levantamiento preliminar de datos

Esta fase de los trabajos es importante para la definición del número total de muestras, y de dónde y cómo serán tomadas.

En primer lugar, se recogen datos referentes al sistema de limpieza pública, tales como: número de sectores y frecuencia de la recolección, características de los vehículos recolectores (tipo, número, etc.), distancia hasta los sitios de tratamiento y disposición final, y cantidad de residuos generados.

Si el muestreo de recolección en todos los sectores existentes se vuelve oneroso, lo que se acostumbra hacer es agruparlos, utilizando factores como: características de las edificaciones, densidad poblacional, poder adquisitivo, costumbres de la población y tipo de acondicionamiento de los residuos, siempre acompañados de verificaciones *in situ*.

Como el universo del muestreo es todo el residuo generado, el procedimiento descrito en el párrafo anterior acaba por restringir el espacio del muestreo original. Esa deficiencia debe ser corregida con la adopción de un control estadístico para garantizar la representatividad de la muestra.

Los aspectos estacionales y climáticos, influencias regionales y temporales, como fluctuaciones en la economía, también deben ser tomados en cuenta, pues interfieren en la composición física de los residuos y, por lo tanto, en la representatividad de la muestra. Se aconseja que los análisis se realicen sistemáticamente por varios años consecutivos.

El objetivo del análisis es lo que determina el momento en que se debe tomar la muestra. Por ejemplo, en caso de que el muestreo sea para dimensionar la flota, deberá realizarse en el momento de la recolección, donde los residuos sólidos se presenta en sus

CUADRO 1
Variación de los residuos sólidos en Montevideo^{32,33}

Tipos de material	Banco Mundial 1986	% en peso Facultad de Ingeniería* 1994	Intendencia Municipal de Montevideo 1995	Proyecto IMM PNUD/URU/91/008 2a. Etapa 1996
Materia orgánica	49.3	42.9	56	63
Plásticos	10.8	18.4	13	11
Chatarra	4.7	3.0	7	2
Vidrio	4.3	3.8	4	3
Papel y cartón	8.4	27.6	8	10
Otros	22.2	2.0	12	11

* Datos extraídos en una base húmeda.

condiciones naturales. En cambio, si con el muestreo se pretende establecer el parámetro físico poder calorífico, la muestra podrá ser recolectada después de la llegada de los camiones al relleno sanitario.

Muestreo y preparación de la muestra

Luego de definir el número de muestras y los puntos de muestreo, se pasa a la fase de muestreo propiamente dicha.

El objetivo del muestreo es la obtención de una muestra representativa, o sea, la toma de una porción del residuo a ser estudiado que, cuando sea analizado, presente las mismas características y propiedades de su masa total.

Conviene recordar que para la ejecución de las actividades descritas en este punto, será necesaria la utilización de los implementos que a continuación se indican:

- materiales de seguridad: cascos, lentes, guantes, botas, máscaras para protección de los trabajadores.
- lonas: para el aislamiento (superior e inferior) de los residuos, a fin de evitar pérdida de material y la contaminación de las muestras;
- escardillos, picos, martillos, mazos, palas, rastrillos, etc., necesarios para romper los contenedores, para separar y revolver el material y amontonarlo;
- mesas de madera: base para recortar y desmenuzar los residuos;
- machetes, martillos, tijeras y espátulas: para cortar y desmenuzar los residuos;
- bolsas plásticas: para acondicionar y transportar las muestras;
- balanzas: con capacidad de 20 a 200 kg;
- tambores y palas, para la recolección de muestras.

El órgano de control ambiental de San Pablo, Brasil, CETESB¹⁰, recomienda dos procedimientos de muestreo, que se describen en las Figuras 1 y 2, de acuerdo con el tipo de análisis que se deba realizar. En tales procedimientos, se utiliza el proceso de cuarteamiento.

El cuarteamiento es un proceso de mezcla, por medio del cual una muestra bruta se divide en cuatro partes iguales (o cuartos), tomándose dos partes opuestas entre sí para constituir una nueva muestra, y quedan descartadas las dos partes restantes. Las partes no descartadas se mezclan totalmente, y el proceso de cuarteamiento se repite hasta que se obtenga el volumen deseado, cuidando siempre de tomar los cuartos en posición opuesta a los tomados anteriormente.

FIGURA 1
Procedimiento para la toma de muestras para el análisis de composición química y de los parámetros fisicoquímicos¹⁰

Ejecutar las siguientes etapas:

- 1) Descargar el camión o los camiones en el sitio previamente escogido sobre patio pavimentado o lona plástica.
- 2) Tomar, en el montón resultante de la descarga, cuatro muestras de 100 litros cada una (utilizar tambores), tres en los laterales de la base, y una en la punta. Antes de la recolección, proceder a la ruptura de los contenedores (bolsas plásticas) y homogeneizar al máximo posible. En este paso todavía mantener los materiales cilíndricos (latas, botellas, frascos, etc.). En caso de que la cantidad inicial de los residuos sólidos sea pequeña (menos de 1,5 ton), se recomienda que todo el material se utilice como muestra.
- 3) Hacer el «montón A» con el material muestreado, mezclado y homogeneizado al máximo posible.
- 4) Formar once montones secundarios, tomando porciones de los puntos más variados posibles del montón A. Rápidamente desmenuzar los residuos de un montón seleccionado al azar (al abrigo del sol, la lluvia y la temperatura excesiva), apartando los materiales rígidos (piedras, vidrio, latas, etc.), luego de homogeneizar, tomar y acondicionar una **Muestra 1** (aprox. 5 L) en una bolsa plástica. Cerrar herméticamente, identificar y enviar para el análisis de **humedad**.
- 5) Al mismo tiempo, seleccionar de entre los diez montones restantes, cuatro representativos del residuo recolectado (aproximadamente 150 L). Proceder por separado para cada montón: apartar los materiales rígidos y, en seguida, desmenuzar los residuos hasta volverlos partículas con un diámetro máximo de 2 cm. Finalmente formar el montón B, reuniendo los residuos desmenuzados. Homogeneizar.
- 6) Cuartear el montón B obtenido en el punto 5 hasta que se obtengan 5 L, formando la **Muestra 2**, que deberá ser envasada, identificada y enviada para el análisis de su **composición química** y la determinación de los **parámetros fisicoquímicos**.

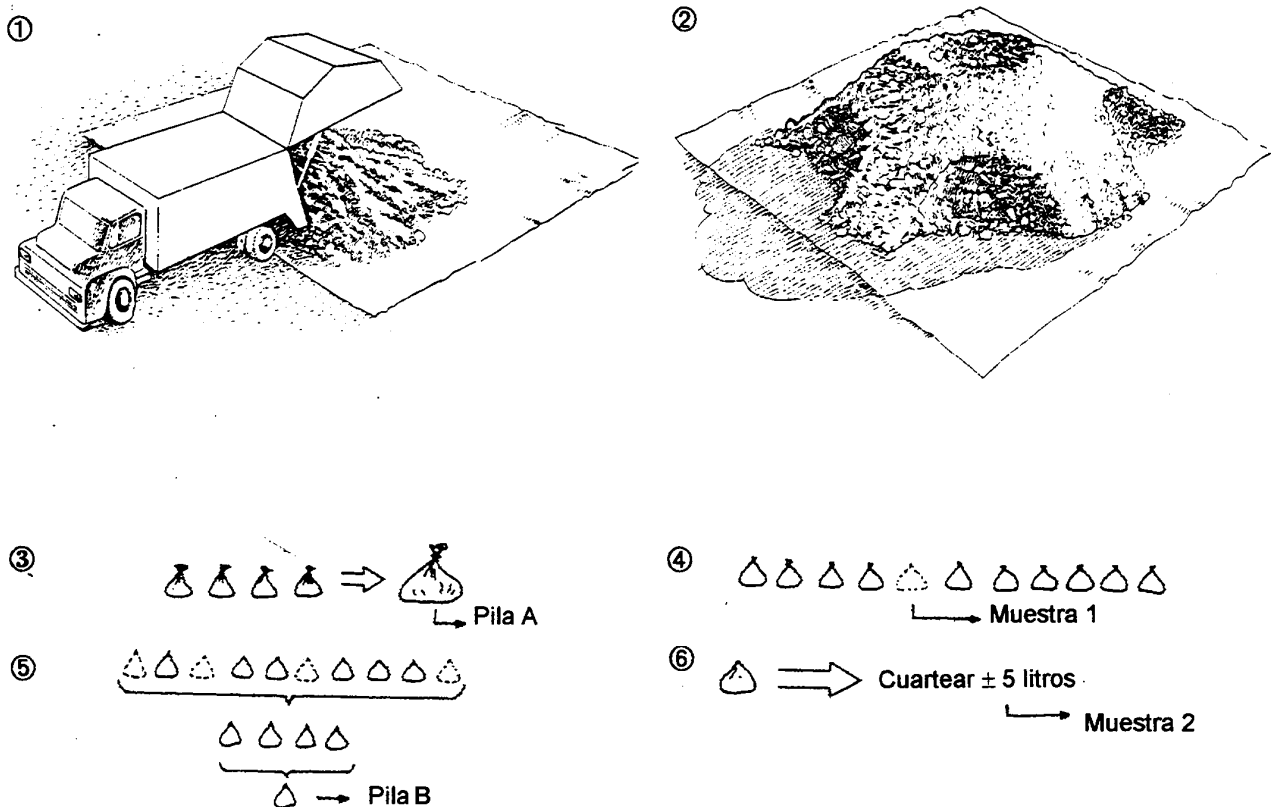
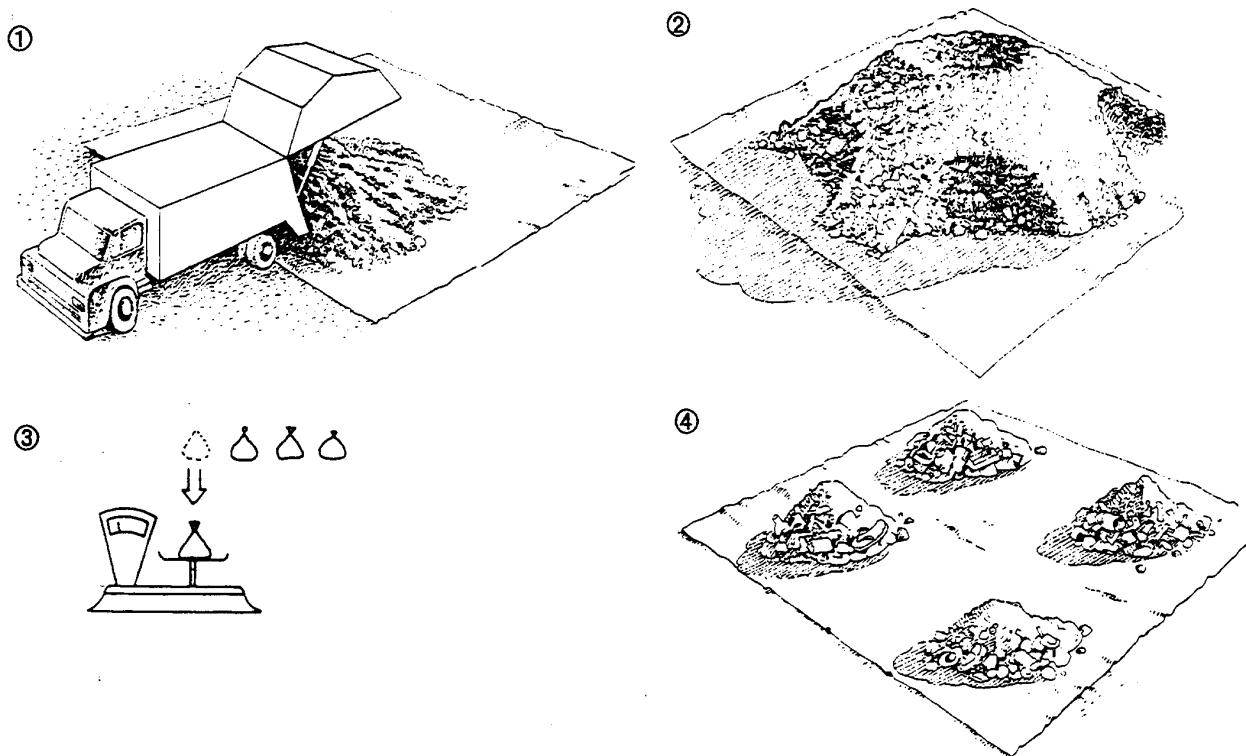


FIGURA 2
Procedimiento para la toma de muestras para el análisis de
composición física¹⁰

Ejecutar las siguientes etapas:

- 1) Descargar el camión o los camiones en el sitio previamente escogido sobre patio pavimentado o lona plástica.
- 2) Tomar, en el montón resultante de la descarga, cuatro muestras de 100 L cada una (utilizar tambores), tres en los laterales de la base y una en la punta. Antes de la recolección, proceder a la ruptura de los contenedores (bolsas plásticas), y homogeneizar al máximo posible. En este paso todavía mantener los materiales cilíndricos (latas, botellas, frascos etc.). En caso de que la cantidad inicial de los residuos sólidos sea pequeña (menos de 1,5 ton), se recomienda que todo el material sea utilizado como muestra.
- 3) Pesar de a una las cuatro muestras.
- 4) Verter los residuos sobre una lona. Ese material constituye la **Muestra 3**, que se utilizará para los análisis de la **composición física** de los residuos.



Determinaciones

Aquí se describen las metodologías sencillas de aplicar y fáciles de seguir por técnicos de las propias intendencias interesadas en caracterizar sus residuos.

Nivel de humedad y de material seco

El nivel de humedad y el de material seco de los residuos sólidos se obtendrán analizando la Muestra 1.

Luego de pesada la muestra, se seca en la estufa entre 100 y 130°C, hasta que se consiga un peso constante. La humedad y el material seco se determinan mediante las siguientes ecuaciones:

$$\text{Humedad (\%)} = \frac{a - b}{a} \times 100 \qquad \text{Material seco (\%)} = \frac{b}{a} \times 100$$

en las cuales: a = peso de la muestra antes del secado (kg).
b = peso de la muestra después del secado (kg).

Densidad aparente

La densidad aparente de los residuos se obtendrá mediante el análisis de la Muestra 2. Colocar la muestra en un recipiente de volumen conocido, y pesar el material. Entonces,

$$\text{Densidad aparente (kg/m}^3\text{)} = \frac{\text{peso de la muestra (kg)}}{\text{volumen del recipiente (m}^3\text{)}}$$

Los demás parámetros, como la determinación del poder calorífico y la de los elementos químicos específicos, se deben analizar en laboratorios especializados por tanto no se discuten en este punto.

Composición física de los residuos sólidos

La composición física de los residuos sólidos será obtenida mediante el análisis de la Muestra 3, a través de la clasificación de la muestra, separándose los materiales componentes según lo que se indica en el Cuadro 2.

CUADRO 2		
Planilla para la determinación de la composición física de los residuos sólidos municipal		
Componentes	Peso (kg)	Porcentaje (%)
Caucho (goma)		
Cuero		
Madera		
Materia orgánica putrescible		
Metales ferrosos		
Metales no-ferrosos		
Papel		
Cartón		
Plástico duro		
Plástico blando		
Trapos		
Vidrio		
Otros materiales		

Luego de la separación, se pesa cada clase obtenida y se calculan los porcentajes individuales. Por ejemplo:

$$\text{Papel (\%)} = \frac{\text{peso de la fracción papel (Kg)}}{\text{peso total de la muestra húmeda (Kg)}} \times 100$$

CUADRO 3			
Componentes putrescibles, reciclables y combustibles de los residuos sólidos municipal urbana			
Componente	Putrescible	Reciclable	Combustible
Caucho (goma)		X	X
Cuero	X		X
Madera	X	X	X
Materia orgánica	X	X	X
Metales ferrosos		X	
Metales no-ferrosos		X	
Papel	X	X	X
Cartón	X	X	X
Plástico duro		X	X
Plástico flexible		X	X
Trapo		X	X
Vidrio		X	
Otros materiales			

A modo de ejemplo, las Figuras 3 y 4 muestran la composición física media de los residuos sólidos domiciliaria de algunos países y de varias regiones de Uruguay.

FIGURA 3
Composición media de residuos sólidos urbanos en algunos países ^{13,17,29,32}

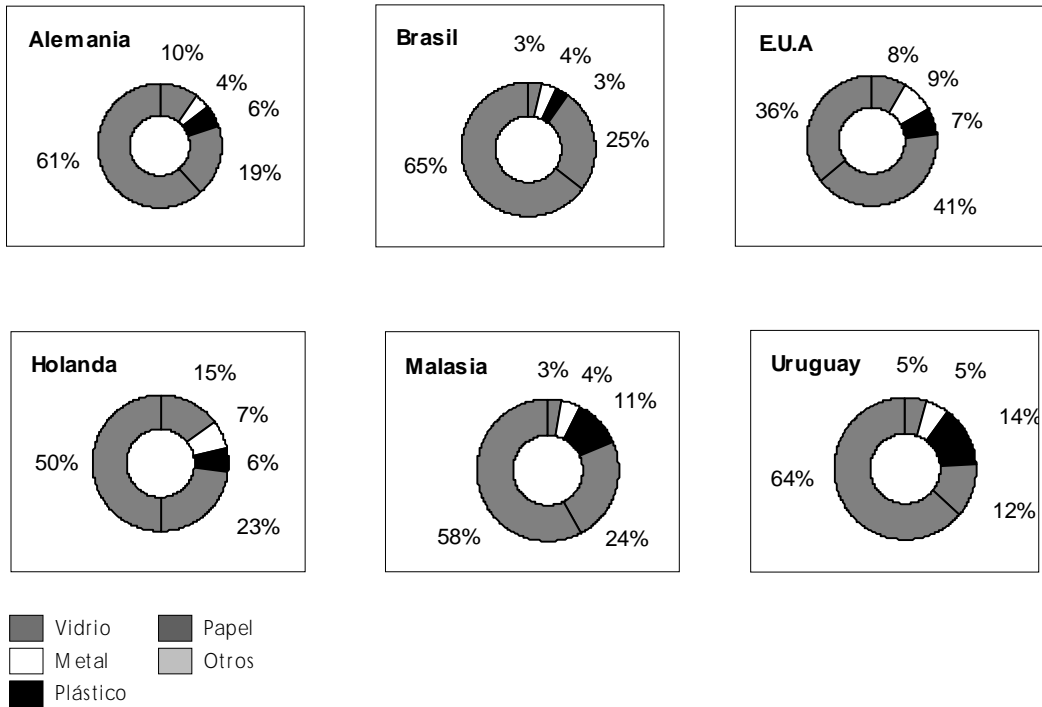
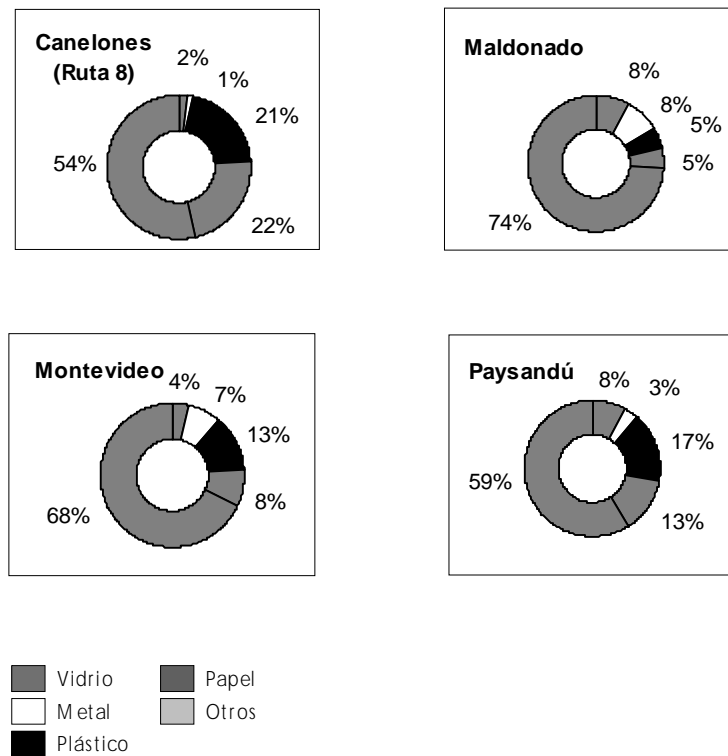


FIGURA 4
Composición media de residuos sólidos urbanos en algunos departamentos uruguayos ³²



6 Consideraciones sobre los componentes potencialmente peligrosos en los residuos sólidos domiciliarios

Según se definió en el punto 2.3 de este capítulo, cualquier material descartado, que por su naturaleza química o biológica pueda poner en riesgo la salud del hombre o el medio ambiente, se considera peligroso.

En los residuos sólidos domiciliarios existen una gran variedad de productos con sustancias que dan características de inflamabilidad, corrosividad, reactividad o toxicidad.

En relación a otros residuos potencialmente peligrosos, las baterías, pilas, lámparas fluorescentes y envases de aerosoles son los que están mayoritariamente presentes en los residuos sólidos municipales, especialmente en las ciudades grandes (Tabla 3).

Tipo	Productos
Material para pintura	<ul style="list-style-type: none"> • tintas; • solventes; • pigmentos; • barnices.
Productos para jardinería y animales	<ul style="list-style-type: none"> • pesticidas; • insecticidas; • repelentes; • herbicidas.
Productos para motores	<ul style="list-style-type: none"> • aceites lubricantes; • líquidos de freno y transmisión; • baterías.
Otros artículos	<ul style="list-style-type: none"> • pilas; • recipientes de aerosol en general; • lámparas fluorescentes.

Las pilas y las lámparas fluorescentes se clasifican como materiales peligrosos por contener metales pesados que pueden pasar a la cadena alimenticia del hombre .

En cuanto a los envases de aerosoles, se clasifican como peligrosos no por sus recipientes, sino por los restos de sustancias químicas que aún contienen cuando son desechados. Al romperse el envase, esas sustancias pueden contaminar el medio ambiente, al pasar a las aguas superficiales y/o a las subterráneas.

La Tabla 4 ilustra los efectos causados en el hombre por algunos metales, y de dónde proceden los mismos.

TABLA 4
Efectos causados por los metales al hombre

Elemento	Procedencia	Efectos
Mercurio	<ul style="list-style-type: none"> • equipos y aparatos eléctricos de medida; • productos farmacéuticos; • lámparas de neón, fluorescentes; y de arcos de mercurio; • interruptores; • tintas; • suavizantes; • antisépticos; • fungicidas; • termómetros; 	<ul style="list-style-type: none"> • disturbios renales; • disturbios neurológicos; • efectos mutagénicos; • alteraciones en el metabolismo; • deficiencias en los órganos sensoriales
Cadmio	<ul style="list-style-type: none"> • baterías / pilas; • plásticos; • aleaciones metálicas; • pigmentos; • papeles; • residuos de galvanoplastia 	<ul style="list-style-type: none"> • dolores reumáticos y musculares; • disturbios metabólicos que conducen a osteoporosis; • disfunción renal
Plomo	<ul style="list-style-type: none"> • tintas (señalización de calles); • impermeabilizantes; • anticorrosivos; • cerámica; • vidrio; • plásticos: • insecticidas; • embalajes; • baterías / pilas 	<ul style="list-style-type: none"> • pérdida de memoria; • dolor de cabeza; • irritabilidad; • temblores musculares; • lentitud de raciocinio; • alucinaciones; • anemia; • depresión; • parálisis

Referencias

- 1 ALONSO, L.R. Coleta, tratamento e disposição final: problemas e perspectivas. En: SECRETARIADO MEIO AMBIENTE. Coordenadoria de Educação Ambiental. Resíduos Sólidos e Meio Ambiente. São Paulo: PINI, 1993. p.62-68.
- 2 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Amostragem de resíduos - procedimentos: NBR-10007. São Paulo, 1987.
- 3 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Resíduos sólidos - procedimentos: NBR-10007. São Paulo, 1987.
- 4 BATALHA, B.L. Glossário de engenharia ambiental. Brasília: DNPM, 1986. 119 P.
- 5 BOAVENTURA, M. Política e planejamento de resíduos sólidos. En: SECRETARIADO MEIO AMBIENTE. Coordenadoria de Educação Ambiental. Resíduos Sólidos e Meio Ambiente. São Paulo: PINI, 1993, p.28-32.
- 6 BRAILE, P.M. Dicionário de poluição industrial e ambiental: inglês-português. Rio de Janeiro: SESI/DN/COJISI, 1983. 407 p.
- 7 BRASIL. Legislação Federal. Tratando da disposição de resíduos sólidos e de natureza tóxica. Entrega (Portaria) 53 del Ministério do Interior, de 01.08.1979.
- 8 CERVONE, B. Recuperação de resíduos sólidos urbanos. En: PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. Secretaria do Verde e do Meio Ambiente. Gestão ambiental urbana: cidade de São Paulo. São Paulo: IMESP, 1993. p.234-247.
- 9 CLÁUDIO, J.R. Coleta, tratamento e disposição final: problemas e perspectivas. En: SECRETARIADO MEIO AMBIENTE. Coordenadoria de Educação Ambiental. Resíduos Sólidos e Meio Ambiente. São Paulo: PINI, 1993. p.58-63.
- 10 COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Resíduos domésticos: tratamento. São Paulo, 1990.
- 11 COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM. Pesquisa Cidsoft. Rio de Janeiro.
- 12 CONSONI, A.J. Estudos geológicos para escolha de local para instalação de aterro sanitário para a disposição de resíduos sólidos urbanos no município de Guaratinguetá, SP. São Paulo: IPT, 1993. 82 p. (IPT. Relatório, 13794) (Confidencial).
- 13 ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Characterization of municipal solid waste in the United States 1992 update; final report. S.I.: EPA, Municipal and Industrial Solid Waste Division. Office of Solid Waste, 1992. p.2-3. (Table 2).
- 14 GOMES, J.A., OGURA, S.K. Considerações sobre os componentes potencialmente perigosos do lixo domiciliar. Trabajo presentado en el Seminario «Componentes potencialmente perigosos presentes no lixo doméstico», 13 de abril de 1993, São Paulo: IPT.
- 15 INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Ensaio de caracterização física do lixo do município de Saltinho, SP. São Paulo, s.f. (inédito).
- 16 LIMA, L.M.Q. O tratamento de lixo. São Paulo: Hemus, 1985. 240 p.
- 17 MATSUFUJI, Y. Technical guideline on sanitary landfill. S.I.: JICA, 1994. p.1-23. (JICAWJA04-c, Apuntes (apostila) del curso: Waste Management for the Federative Republic of Brazil).
- 18 PRADO FILHO, J.F. Lixo urbano: formas de disposição no ambiente. Revista de Geografia, v.10, p.75-92, 1991.
- 19 PROEMA INGENHARIA E SERVIÇOS/CLTDA. Estudo de impacto ambiental e Relatório de impacto ambiental do incinerador proposto para o aterro sanitário de Santo Amaro. S.I., 1994.
- 20 ROCHA, A.A. A história do lixo. En: SECRETARIADO MEIO AMBIENTE. Coordenadoria de Educação Ambiental. Resíduos Sólidos e Meio Ambiente. São Paulo: PINI, 1993, p.23-28.
- 21 SÃO PAULO. Legislação do Município. Establece disposiciones sobre limpieza pública, y otras normativas. Decreto 10.135, de 30 sept. 1987. p.190-198.

- 22 SÃO PAULO. Legislação do Município. Introduce modificaciones en la Ley n. 10.135, del 30.09.1987, y establece otras providencias. Decreto 10.746 de 12 sept. 1987.
- 23 SCHOLTZ, L.C. Coleta, tratamento e disposição final: problemas e perspectivas. En: SECRETARIADO MEIOAMBIENTE. Coordenadoria de Educação Ambiental. Resíduos Sólidos e Meio Ambiente. São Paulo: PINI, 1993, p.56-58.
- 24 SCHWARTZ, L. Coleta selectiva e reciclagem: debates. En: SECRETARIADO MEIOAMBIENTE. Coordenadoria de Educação Ambiental. Resíduos Sólidos e Meio Ambiente. São Paulo: PINI, 1993, p.111.
- 25 SECRETARIA DE ESTADO DO RIO DE JANEIRO. Centro Cultural Cine-Rio. O lixo pode ser um tesouro: um monte de novidades, sobre un monte de lixo. Rio de Janeiro: 1992. 31 p. (Libro del Profesor).
- 26 SECRETARIA DE SERVIÇOS E OBRAS. Diretrizes para a destinação final dos resíduos sólidos no município de São Paulo. São Paulo: 1992. 64 p.
- 27 SECRETARIA DE PLANEJAMENTO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO ESTADO DE BAHIA. Resíduos sólidos perigosos: caracterização e discussão do problema. Salvador, 1981. 38 p. (SEPLAN/TEC/CRA, Cuadernos técnicos, 5).
- 28 TADDEI NETO, P. Política e planejamento de resíduos sólidos. En: SECRETARIADO MEIOAMBIENTE. Coordenadoria de Educação Ambiental. Resíduos Sólidos e Meio Ambiente. São Paulo: PINI, 1993, p.32-37.
- 29 THE LOCAL WASTE MANAGEMENT SYSTEM. Materials discarded into municipal waste stream in 1986. S.l.: s.f. p.25.
- 30 ZULAU, W. Política e planejamento de resíduos sólidos. En: SECRETARIADO MEIOAMBIENTE. Coordenadoria de Educação Ambiental. Resíduos Sólidos e Meio Ambiente. São Paulo: PINI, 1993, p.23-28.
- 31 FUNDACION CIEPE, Manual para el Manejo y Tratamiento de los Desechos Sólidos, Caracas, 1994.
- 32 ANÁLISIS SECTORIAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN URUGUAY, Serie Análisis Sectoriales N° 7, Plan Regional de Inversiones en Ambiente y Salud. Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud - Dirección Nacional de Medio Ambiente - Agencia de la República Federal Alemana para la Cooperación Técnica (GTZ) - Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Marzo 1996.
- 33 CLASIFICACIÓN Y RECICLO DE RESIDUOS SÓLIDOS, Proyecto PNUD/URU/91/008, Asistencia Preparatoria/Segunda Etapa, Intendencia Municipal de Montevideo, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Setiembre 1996.
- 34 COUSILLAS, M.J. Versión preliminar del Breviario de Legislación Ambiental Uruguaya. Instituto de Formación en Ciencias Ambientales (IFCA) 1997.
- 35 COMISIÓN INTERINSTITUCIONAL DE RESIDUOS SÓLIDOS HOSPITALARIOS - Instructivo para la Clasificación y el Manejo Intrainstitucional de Resíduos Sólidos Hospitalarios. Uruguay. 1996.



CAPITULO III

SERVICIOS DE LIMPIEZA

Introducción

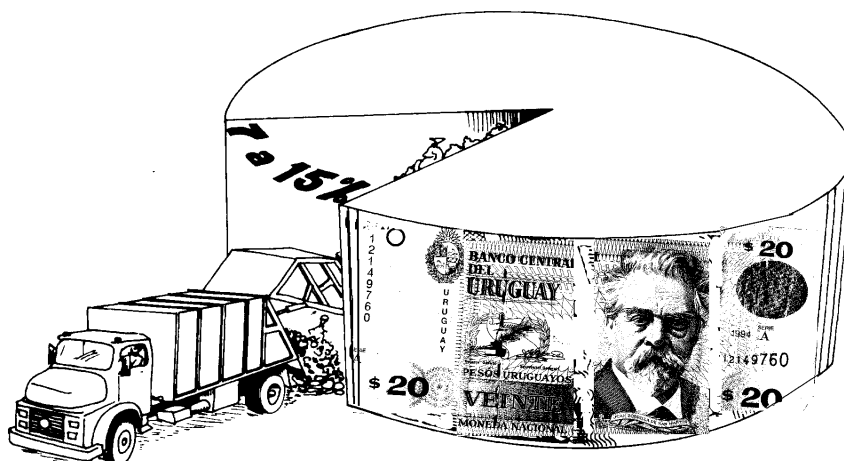
Los servicios de limpieza urbana y municipal comprenden los servicios de recolección, (según se indica en el Cuadro 1), y de tratamiento de los residuos sólidos y su disposición final (Capítulos IV).

En general, los servicios de limpieza absorben entre el 7 y 15% de los recursos de un presupuesto municipal, y de ellos cerca de un 50% se destina a la recolección y al transporte de los residuos sólidos. (Fig. 1)

Una buena gestión de esos servicios, que están entre los más visibles, conlleva una buena aceptación de la administración municipal por parte de la ciudadanía. Además, su optimización significa un ahorro significativo de los recursos públicos.

CUADRO 1 Servicio de limpieza	
SERVICIOS DE LIMPIEZA	ACONDICIONAMIENTO
	RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE RESIDUOS DOMICILIARIOS
	RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE RESIDUOS DE SERVICIOS DE SALUD
	OTROS SERVICIOS DE LIMPIEZA <ul style="list-style-type: none"> • Barrido • Poda y deshierba • Limpieza de playas • Limpieza de ferias • Limpieza de cloacas y alcantarillas • Quita de animales muertos • Recolección de residuos voluminosos y escombros

FIGURA 1
Presupuesto municipal
Fracción absorbida por servicios de limpieza



1 Acondicionamiento de los residuos

Los residuos sólidos son tratados y dispuestos en sitios alejados de su punto de generación. El envío de los residuos sólidos a esas áreas implica una fase interna y una fase externa. La primera, bajo la responsabilidad del generador (residencia, establecimiento comercial, etc.) comprende la recolección interna, el acondicionamiento y el depósito. La fase externa abarca los llamados servicios de limpieza. Esta última fase es responsabilidad de las administraciones municipales.

En la etapa que precede a la recolección externa, los residuos deben ser colocados en sitios y recipientes adecuados, para evitar (Figura 2):

- accidentes (residuos contaminantes);
- proliferación de insectos (moscas, ratas y cucarachas) y animales indeseables y peligrosos;
- impacto negativo sobre la vista y el olfato;
- heterogeneidad (en el caso de que haya recolección selectiva).

Aunque el acondicionamiento sea responsabilidad del generador, la administración municipal debe ejercer las funciones de regulación, y fiscalización, inclusive en el caso de los establecimientos de salud, con miras en asegurar condiciones sanitarias y operacionales adecuadas.

La forma como se almacenan los residuos sólidos está determinada por:

- la cantidad (según se indica en el Cuadro 2);
- la composición;
- el transporte (tipo de recolección, frecuencia).

En términos generales, los recipientes deben ser estancos, resistentes y compatibles con el equipo de transporte.

CUADRO 2 Formas de acondicionamiento	
Pequeños volúmenes	<ul style="list-style-type: none"> • Cestos recolectores en la acera • Recipientes basculantes • Recipientes basculantes en carritos • Tambores • Bolsas plásticas
Grandes Volúmenes	<ul style="list-style-type: none"> • Contenedores

FIGURA 2
Acondicionamiento inapropiado de residuos



La elección del recipiente puede hacerse según el tipo de residuos, como se describe a continuación.

Acondicionamiento para volúmenes pequeños

- Cestos recolectores en la acera

Son recipientes colocados en sitios públicos, tales como calles, plazas, parques y playas, para recibir los residuos sólidos de los transeúntes y usuarios. En las calles de gran afluencia, los cestos deben colocarse a 50 m unos de otros, como máximo. Pueden ser metálicos o de material plástico, y deben estar hechos en forma tal, que se le facilite al barrendero la tarea de vaciarlos (Figura 3).

Las campañas de educación de la ciudadanía en cuanto a limpieza pública serán más eficaces si hay equipos y condiciones adecuadas que faciliten la recolección de residuos, lo cual también reduce los gastos del barrido.

- Recipientes basculantes

Son recipientes que poseen un sistema de pivote para quitar los residuos, haciéndose menor esfuerzo. En caso de estar destinados a recibir materia orgánica, los recipientes deberán también poseer un sistema de captación de líquidos y salida de gases (Figura 4). Son usados en Europa y los Estados Unidos.

- Recipientes basculantes en carritos

Especialmente destinados al barrido de calles y áreas públicas, son recipientes asociados a carritos, generalmente de dos ruedas; pueden disponer de dos sectores: uno para llevar los residuos sólidos, y otro para las pertenencias del barrendero.

- Tambores

Tambores de 200 litros o menores, se pueden también usar como recipientes para los residuos sólidos. Sin embargo, deben estar provistos de asas para el manejo y tapas, a fin de evitar los malos olores y que entren animales. El tambor debe retener líquidos y ser de un material resistente a la corrosión, como acero pintado o plástico.

- Bolsas plásticas

Para el generador, el empleo de bolsas plásticas posee la ventaja de que evita el robo del recipiente rígido. Para el servicio de recolección, las bolsas plásticas presentan las siguientes ventajas sobre los recipientes rígidos:

- requieren menor esfuerzo de los recolectores;
- reducen el tiempo de recolección;
- impiden la absorción de agua de lluvia;
- disminuyen la contaminación sonora.

FIGURA 3
Tipos de Cestos

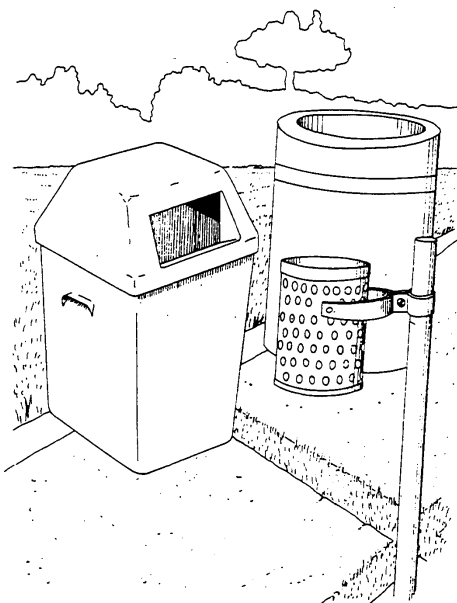
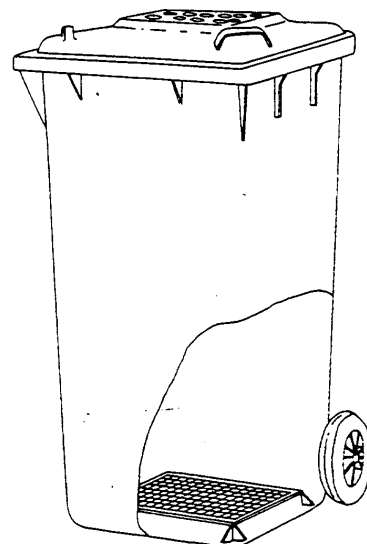


FIGURA 4
Recipiente Basculante



Normalmente, en el barrido se usan bolsas plásticas para almacenar los residuos sólidos. Comúnmente el sector de proveeduría o de compras de la intendencia encuentra dificultades en la especificación y la provisión regular de materiales adecuados. Se sugiere la adopción de contratos de suministro de bolsas plásticas para los residuos sólidos, con una cláusula sobre el control de calidad. Las pruebas de muestreo se deben hacer en laboratorios especializados, para que se garantice la calidad del producto.

El material debe ser resistente a la perforación, y no debe ser transparente. En Brasil existen normas técnicas del Instituto de Investigaciones Tecnológicas (IPT) y de la Asociación Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) que describen las metodologías de ensayos para evaluación de esos requisitos (IPT-NEA 26, 36, 57, 58, 59 o NBR-9190, 9191). (Anexo B).

Tanto para residuos livianos (residuos sueltos, domiciliarios y de oficina), como para residuos pesados (residuos del barrido de calles, y de restaurantes) la bolsas pueden ser fabricadas con material reciclado o virgen, siempre que cumplan las especificaciones establecidas.

Las bolsas para los residuos sólidos pueden ser de cualquier color (en general el color amarillo o blanco es reservado para residuos de servicios de salud), siempre que no permitan la visibilidad de su contenido. Requisitos normalizados para su adquisición son:

- dimensiones planas (ancho, largo y alto);
- capacidad volumétrica;
- resistencia a la caída;
- resistencia al levantamiento.

Acondicionamiento de volúmenes grandes

En el almacenamiento de volúmenes grandes de residuos provenientes de: comerciales e industriales, puntos de entrega voluntaria de materiales reciclables, residuos sólidos domiciliarios en diversos países y algunas veces en zonas de viviendas precarias, se utilizan recipientes especiales denominados contenedores, que se pueden dividir en:

- Contenedores recolectores basculantes estacionarios.

Son recipientes que pueden ser levantados por el vehículo recolector, lateralmente o por detrás, para vaciar los residuos sólidos que contengan. En general, poseen una capacidad de 0,7 a 2,0 m³ (Figura 5).

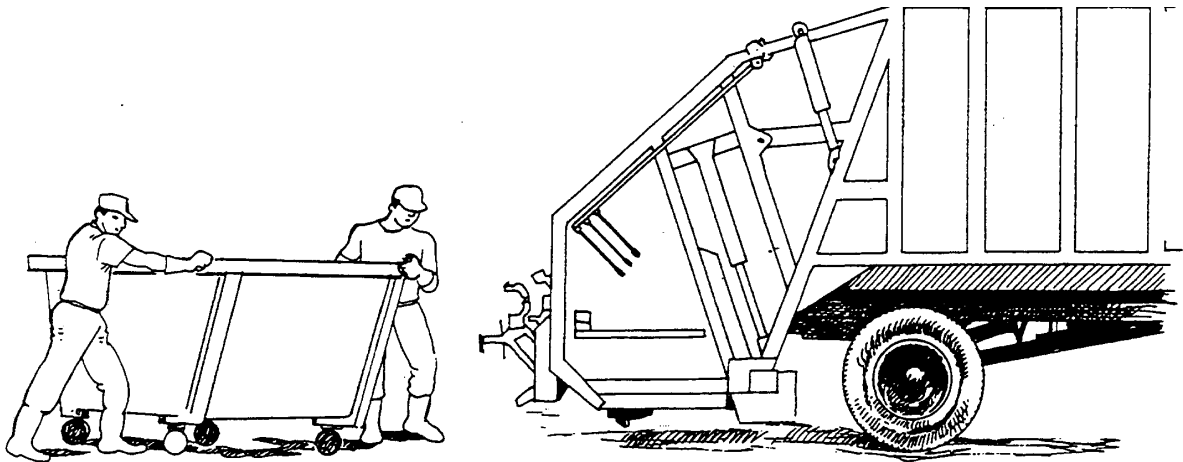
- Contenedores intercambiables.

Son recipientes que, cuando llenos, son removidos y sustituidos por recipientes vacíos. Los vehículos que los recogen están dotados de un equipo de levantamiento (Figura 6). Estos recipientes tienen una capacidad de 2,5 a 30 m³ y se mencionan entre los tipos de contenedores del Cuadro 3. En Uruguay son lo que popularmente se llaman “volquetas”.

La colocación de recolectores de grandes volúmenes en zonas marginales u otras áreas de difícil acceso para el vehículo recolector, puede volverse un problema debido al vertido de escombros, animales muertos y otros residuos incompatibles con el sistema de recolección. La quema de los residuos sólidos contenida en ellos y la transformación del sitio en un pequeño basurero a causa de los residuos depositados a su alrededor, son problemas que se observan con frecuencia.

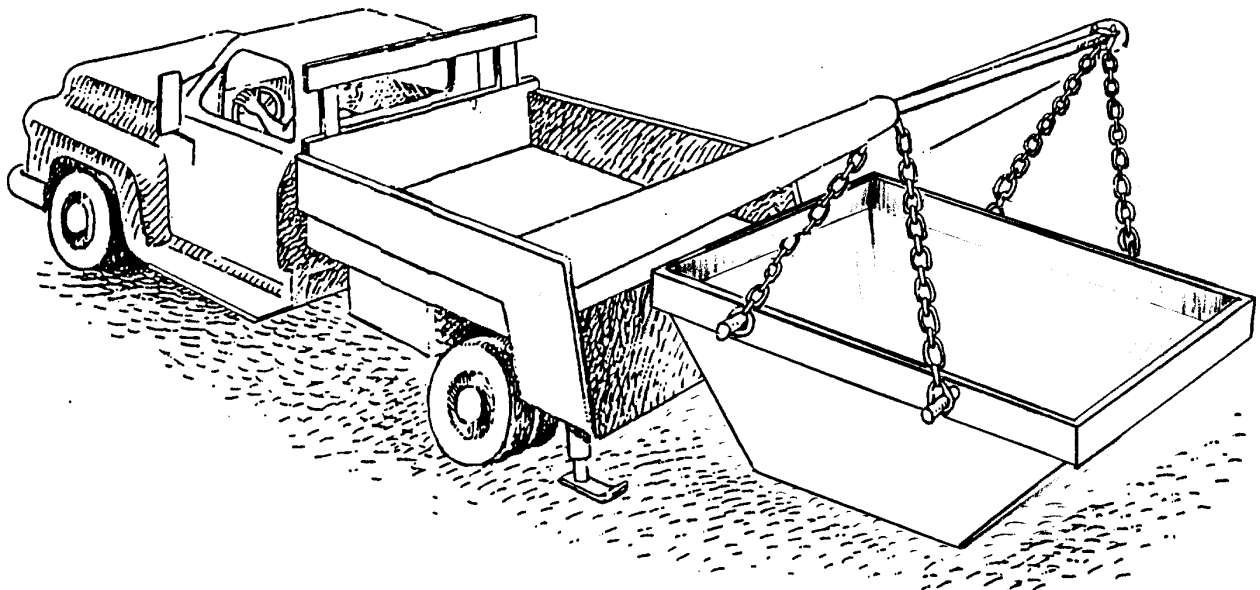
CUADRO 3 Tipos de contenedores intercambiables		
Denominación usual	Característica de descarga	Capacidad (m ³)
Caja <i>Brooks</i>	Báscula por detrás del vehículo.	5.0 a 7.0
Caja <i>Dempster</i>	Descarga por debajo	3.0 a 4.0
Contenedor intercambiable	Con o sin compactación	2.5 a 30.0

FIGURA 5
Contenedor basculante estacionario



Se puede optar, entonces, por una recolección hecha a pie, de puerta en puerta, utilizando, por ejemplo, tambores transformados en "parihuelas". Eso puede lograrse insertando dos palos paralelos, que permiten que el pipote sea transportado por dos personas. En forma alternativa, el transporte puede realizarse por medio de una carreta con tracción animal o un tractor, o inclusive con cualquier otro medio que permita la remoción de los residuos sólidos.

FIGURA 6
Contenedor intercambiable

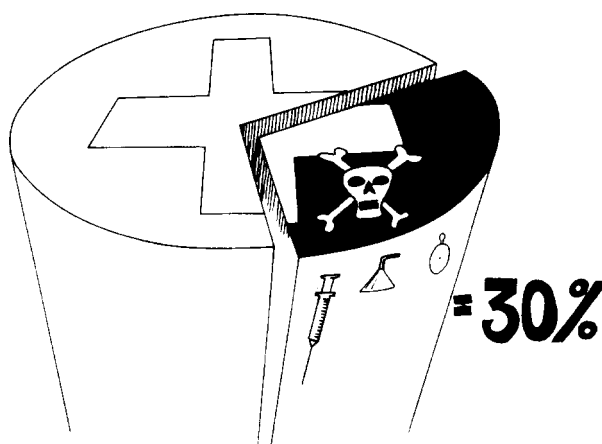


Residuos de los servicios de salud y hospitalarios

La responsabilidad por su recolección y transporte es del generador. Sin embargo en la práctica la intendencia finalmente hace u orienta y fiscaliza dicha recolección.

Cerca del 30% en peso de los residuos generados en los establecimientos de salud son contaminados y deben tener un tratamiento especial en cuanto a su sistema de recolección y disposición final (Figura 7). Es necesario resaltar que los restantes 70% son potencialmente contaminantes debido a las deficiencias y dificultades de gran parte del sistema de salud.

FIGURA 7
Residuos de los servicios de salud



Acondicionamiento

- Bolsas plásticas

El acondicionamiento de los residuos comunes se realiza en bolsas plásticas negras o contenedor con tapa compatible con los equipos utilizados por el servicio de recolección municipal³¹.

Para los residuos contaminados infecciosos se utilizan bolsas de polietileno virgen de espesor mínimo 80 micras, color amarillo con pictograma en color negro (Figura 8). Tamaño mínimo recomendado: 60 x 80 cm. Las bolsas deberán cerrar con un dispositivo que garantice su hermeticidad durante el traslado³¹.

- Recipientes para residuos punzantes o cortantes

El envase debe ser un recipiente rígido con un adhesivo de color amarillo con pictograma de color negro³¹.

FIGURA 8
Pictograma de peligro
Residuos biológicos infecciosos



2 Recolección y transporte de los residuos sólidos

La recolección de los residuos sólidos y su transporte a las áreas de tratamiento o destino final, son actividades del servicio público municipal, muy a la vista de la población, que impiden el desarrollo de vectores transmisores de enfermedades los que encuentran alimento y protección en los residuos sólidos.

Los residuos sólidos necesitan ser transportados mecánicamente desde el punto de generación al destino final. Ese servicio se caracteriza por la intervención de los ciudadanos, los cuales deben acondicionar los residuos sólidos adecuadamente y sacarlos a la calle en los días, sitios y horarios preestablecidos.

Para que esta participación ocurra de forma satisfactoria, el poder público debe garantizar:

- la universalidad del servicio prestado, o sea, todo ciudadano debe ser atendido por la recolección de residuos domiciliarios;***
- la regularidad de la recolección, esto es, los vehículos recolectores deben pasar regularmente en los mismos sitios, días y horarios.***

La norma técnica brasilera ABNT NBR-12980 define los diferentes tipos de servicio de recolección de residuos:

- recolección domiciliaria (o convencional), que consiste en la recolección de los residuos sólidos de residencias, establecimientos comerciales e industriales, cuyo volumen no sobrepase el previsto en la correspondiente legislación municipal;
- recolección de mercados, playas, calles y demás sitios públicos;
- recolección de residuos de servicios de salud, en lo cual incluyen hospitales, ambulatorios, puestos de salud, laboratorios, farmacias, clínicas veterinarias, etc.

La recolección especial contempla los residuos no recogidos por la recolección regular, tales como escombros, animales muertos y poda de jardines y árboles. Puede ser regular o programada para donde y cuando hubiere residuos que deban ser removidos.

La *recolección selectiva* tiene por objeto recoger los residuos separados en su punto de origen. Esta modalidad de recolección está vinculada al Reciclaje, y se discutirá en detalle en el Capítulo V.

La recolección particular es obligatoriamente de responsabilidad del generador, según el tipo de residuo o si la cantidad es superior a lo permitido por el municipio. Industrias, supermercados, shopping centers, constructoras entre otros, deben ocuparse de la recolección de sus residuos en función del volumen generado. Hospitales, clínicas, centros de salud y farmacias, entre otros, deben tener recolección particular en función del tipo de residuo. El papel de fiscalización por parte de la intendencia es fundamental.

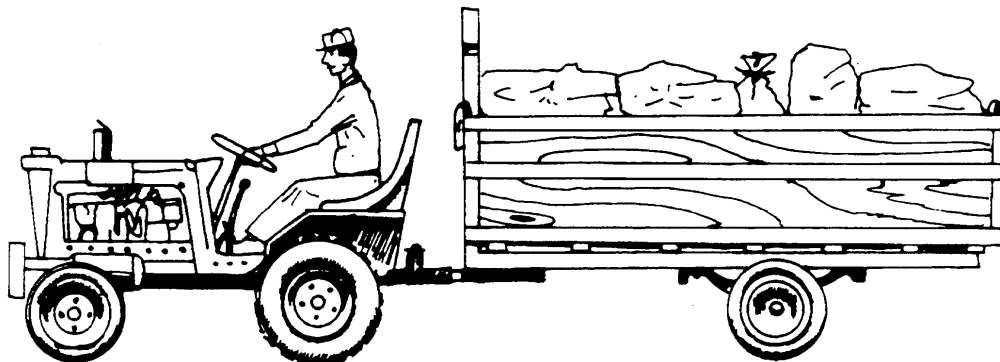
Para que el sistema de recolección y transporte funcione óptimamente es necesario un flujo permanente de informaciones que respalden su planificación y gestión.

3 Equipos de recolección y transporte

En el transporte de los residuos sólidos pueden utilizarse diferentes tipos de vehículos, desde los de tracción animal hasta camiones dotados de carrocerías compactadoras.

Las comunidades pequeñas pueden utilizar carretas remolcadas por un tractor o una motocicleta (Figura 9). Estas también se pueden usar en sitios de difícil acceso o de gran circulación de personas, como centros comerciales y bulevares.

FIGURA 9
Carreta remolcada

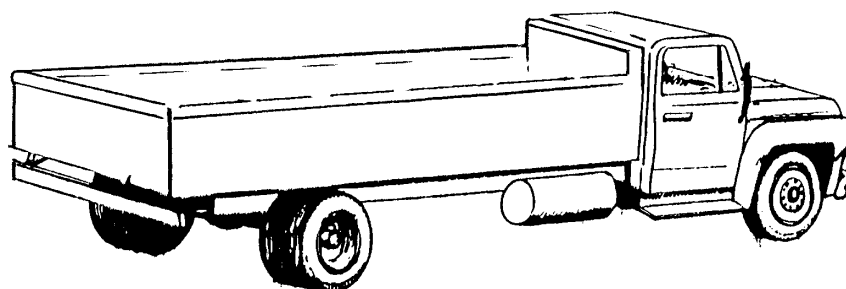


Existen básicamente dos tipos de carrocerías montadas sobre chasis de vehículos, que se describen por separado a continuación.

Carrocerías sin compactación

Son vehículos con carrocerías metálicas, construidas en forma rectangular y abiertas. Esta condición de caja abierta no es buena para el transporte de residuos, pues en el viaje se puede perder carga. En otros países aunque sean sin compactación son cerrados.

FIGURA 10
Vehículo con carrocería sin compactador



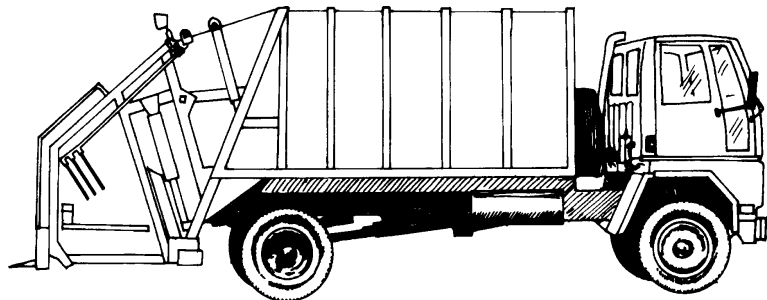
Carrocerías con compactador

Vehículos con carrocería cerrada, con dispositivos mecánicos o hidráulicos que posibilitan la distribución y compactación de los residuos en el interior de la carrocería (Figura 11).

El sistema de compactación puede ser continuo o intermitente.

El sistema de carga puede ser trasero o lateral. En tales vehículos, los sistemas de descarga se hacen sin ningún contacto manual con la carga.

FIGURA 11
Vehículo con carrocería provista de compactador



Criterios para la selección de vehículos:

Según se dijo anteriormente, el vehículo recolector puede ser de tracción animal o mecánica, con carrocería convencional o con compactador.

La elección de una de esas modalidades está determinada por los siguientes factores:

- cantidad de residuos: para ciudades con baja concentración poblacional, los vehículos sin compactador pueden transportar, por viaje, hasta 15 m³, ó 3,7 t, considerándose el peso específico medio de los residuos sólidos sueltos, en 250 kg/m³;
- forma de acondicionamiento del residuo: en caso de que los residuos sólidos estén acondicionados en un contenedor, será necesario que este sea compatible con el sistema de basculamiento del vehículo;
- las condiciones de acceso al punto de recolección: vehículos como un tractor agrícola, una motocicleta o tracción animal, son algunas alternativas para el acceso a áreas restringidas a los vehículos usuales.

4 Dimensionamiento de la recolección domiciliaria

El dimensionamiento y la programación de la recolección están relacionados con la previsión de los recursos necesarios (tipo de vehículo y equipos a utilizarse, flota necesaria, cantidad de personal) y con la decisión de cómo se prestará el servicio (frecuencias, horarios, itinerarios, puntos de destino).

Los municipios nacionales ya poseen algún sistema de recolección y transporte de los residuos sólidos domiciliarios.

La tarea de dimensionar y programar esos servicios puede ser necesaria cuando se planifican ampliaciones para áreas no atendidas, y cuando se presenta la necesidad de reformular los servicios ya existentes.

La evaluación del desempeño operacional de la recolección domiciliaria -discutida en el punto 7 de este Capítulo- puede plantear la necesidad de revisar los servicios existentes.

En general, cuando los servicios de recolección domiciliaria son contratados a empresas particulares, el poder público define las exigencias básicas, tales como: frecuencias y horarios de recolección, sitios de destino final, etc., y a la(s) empresa(s) contratada(s) le(s) tocará su dimensionamiento y programación.

Es importante que el poder público se involucre en el dimensionamiento y la programación de los servicios de recolección domiciliaria, aún cuando sean ejecutados por particulares. Con eso se asegura que se atiendan los niveles de prestación de servicios que se consideran adecuados y se garantiza la justa remuneración por los servicios prestados.

El dimensionamiento y la programación de los servicios de recolección domiciliaria abarcan las siguientes etapas:

Etapas 1 - Estimación de la cantidad de residuos que debe ser recolectada;

Etapas 2 - Determinación de las frecuencias de recolección;

Etapas 3 - Definición de los horarios de recolección domiciliaria;

Etapas 4 - Dimensionamiento de la flota que debe prestar el servicio;

Etapas 5 - Determinación de los itinerarios de recolección;

Cada una de estas etapas se discute a continuación.

Etapas 1 - Estimación de los residuos sólidos que deben ser recolectados

La mejor manera de estimar la cantidad de residuos que deben ser recolectados, es a través del monitoreo de la recolección existente. Se puede hacer de dos formas:

- monitoreo de la totalidad del servicio prestado actualmente;
- monitoreo selectivo por muestreo.

Es necesario resaltar que las dos alternativas presentan imprecisiones. La principal depende del hecho de que el volumen *per capita* de residuos generado puede variar de un día para otro.

Para determinar la cantidad de residuos producidos por habitante (per capita) por día, se divide la cantidad total recolectada entre el número total de habitantes atendidos por la recolección en ese día.

En caso de que no sea posible realizar ninguno de los dos procedimientos de levantamiento de campo, se puede adoptar para un abordaje **estimativo**, un valor **genérico** de generación de residuos equivalente a 820 g/hab./día. Eso corresponde aproximadamente a la media de los municipios uruguayos. Ese valor considera los residuos sólidos domiciliarios y comerciales, excluyendo los grandes generadores, a los cuales la intendencia puede o no atender, dependiendo de la legislación local.

El Capítulo II de este Manual aborda esa cuestión y describe tanto los procedimientos para la caracterización físico-química y la composición de los residuos sólidos, como también para realizar el muestreo. El principal aspecto que afecta la recolección y el transporte es la densidad de los residuos sólidos, junto con las restricciones volumétricas de los vehículos y los contenedores. Se puede considerar una densidad de 250 a 300 kg/m³, en caso de que sea preciso adoptar un valor estimado no realizando muestreo.

Monitoreo de todos los residuos sólidos recolectados

En este proceso se evalúa la totalidad de residuos recolectados diariamente, por medio del pesaje de todos los vehículos cargados en el punto de trasbordo o de destino final de los residuos sólidos. Ese pesaje posibilita la cantidad total de residuos recolectados en un solo día.

Cada uno de los vehículos debe haber sido previamente pesado vacío (sin carga), de modo que el valor obtenido sea descontado del peso del vehículo cargado. De este modo se obtiene la cantidad de residuos recolectados.

Aceptando que existen variaciones diarias del volumen de residuos y también entre las zonas atendidas, ese procedimiento debe ser repetido durante varios días, de modo que los datos obtenidos sean representativos de la realidad del municipio.

En caso de que la recolección no sea diaria (por ejemplo dos o tres veces por semana), la cantidad de residuos recolectados debe ser dividida por el número de días entre una y otra recolección (por ejemplo, dividir entre dos cuando la recolección es en días alternados) de forma de saber la cantidad de residuos generada por día.

Se debe recordar que inclusive cuando la recolección se realiza diariamente, los residuos sólidos recogidos los lunes corresponde a dos días, si no se presta el servicio los domingos.

Monitoreo parcial de los residuos sólidos recolectados

En esta alternativa no se monitorea la totalidad de residuos recolectados en el municipio. Por tanto, se deben identificar rutas de recolección representativas de regiones homogéneas de generación de residuos, al igual que de la geografía y del tipo de uso, así como de la intensidad de la ocupación del terreno del municipio. En otras palabras, se deben identificar, por ejemplo, rutas en zonas residenciales de clase baja, media y alta, zonas de viviendas precarias y de difícil acceso, regiones centrales y periféricas, comerciales, etc.

A partir de las informaciones obtenidas en esas rutas, es posible extender el muestreo, considerando la ciudad dividida en regiones homogéneas.

Es preciso también determinar o estimar el número de habitantes, tanto de cada una de las áreas monitoreadas, como de las regiones homogéneas en que la ciudad ha sido dividida, con la finalidad de extender la recolección.

Los vehículos de las rutas seleccionadas deben pesarse, y luego seguir los procedimientos descritos arriba. Eso permite determinar los índices de generación de residuos domiciliarios *per capita* en cada tipo de región.

Valen también en este caso las consideraciones ya presentadas en cuanto a la frecuencia de recolección, y la investigación en fechas diferentes, de modo que se mejore la calidad de los resultados obtenidos.

Etapa 2 - Determinación de la frecuencia de recolección

La frecuencia de recolección de residuos domiciliarios define el tiempo transcurrido entre dos recolecciones sucesivas en un mismo sitio o en una misma zona. Por ejemplo, la frecuencia de recolección puede ser diaria, excepto los domingos y feriados; o en días alternos, con descanso los domingos.

En general, las restricciones económicas son el factor determinante de la frecuencia de recolección de residuos domiciliarios. Cuanto mayor sea la frecuencia, mayor será el costo total del servicio.

Existe también la preocupación de evitar la acumulación de residuos. Por tal motivo, también la cantidad de residuos generados puede influir en la determinación de la frecuencia de recolección.

En áreas generadoras de mucha residuos, como por ejemplo, zonas comerciales, aceras y áreas de peatones, o playas con mucha afluencia de personas, la recolección debe ser por lo menos diaria, si se quiere evitar la acumulación de residuos. Existen registros de localidades, donde los residuos sólidos son recogidos dos veces por día. En esos sitios, en general de intenso tránsito peatonal, la acumulación de residuos proveniente de los servicios de barrido y que esperan ser recogidos por los camiones, acaba por provocar también la disposición de residuos comerciales (que debería poseer un destino diferente).

Casi siempre, el descanso se produce los domingos y días feriados. Esos días puede que no sean los más adecuados para descansar, en caso de que coincidan con una elevada generación de residuos. Ciertas ciudades litorales o turísticas pueden, inclusive, necesitar una mayor frecuencia de recolección de residuos domiciliarios en períodos de temporada alta.

Excepcionalmente, puede ser necesario recolectar los residuos sólidos a diario, sin descansos ni interrupciones los domingos y feriados. En esos casos, se debe considerar el incremento de costos que inciden sobre la mano de obra, de conformidad con la legislación laboral vigente, que asegura el reposo semanal remunerado (que suele concederse los domingos).

En áreas residenciales con baja densidad poblacional, o en las que la generación de residuos *per capita* sea baja, la recolección de residuos no necesita ser diaria. Puede hacerse dos veces por semana, o bien en días alternos (un día sí y un día no), inclusive en días feriados, con descanso sólo los domingos.

Más adelante, en el Punto 7, relativo a la evaluación del desempeño operacional de los servicios de recolección de residuos domiciliarios, se presentan indicadores que permiten evaluar si la frecuencia de recolección es o no adecuada.

La participación de la ciudadanía es esencial para que una recolección sea eficiente. Es fundamental que los días y horarios de recolección de residuos, definidos e informados, sean cumplidos estrictamente, creando hábitos regulares en la población (Figura 12). Son necesarias medidas educativas, estimulando la participación de la población, con el objeto de asegurar que los residuos sean depositados en la vía pública, en día y horario próximos a los de la recolección, evitando su acumulación indebida y todas sus consecuencias indeseables.

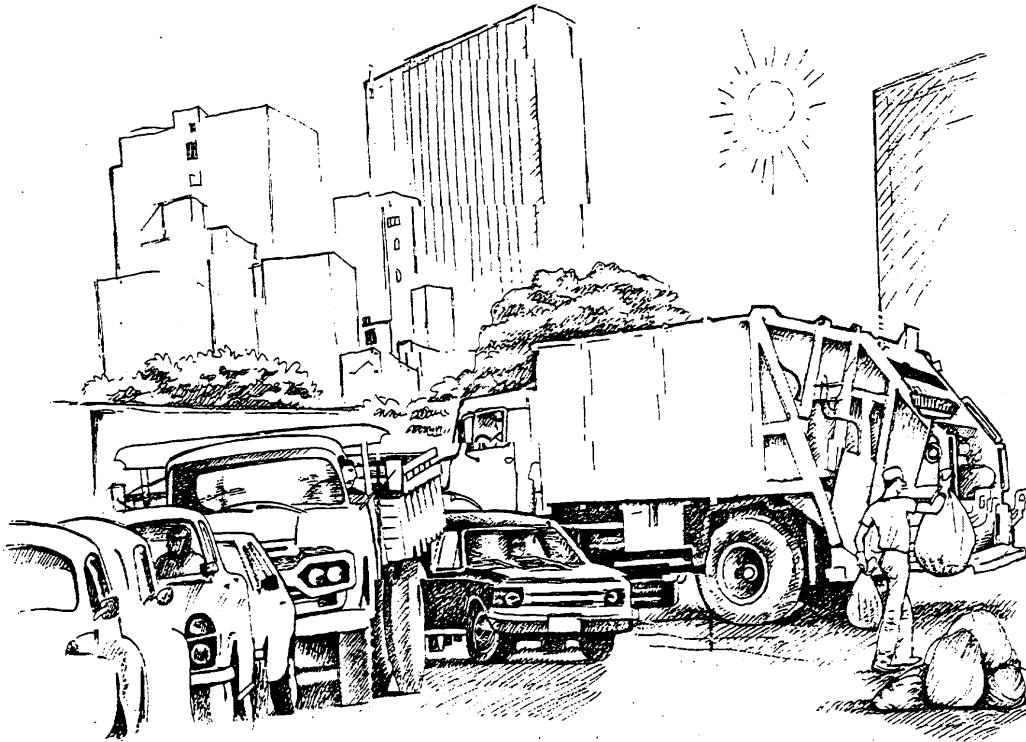
FIGURA 12
Informaciones sobre la recolección



Etapa 3 - Definición de los horarios de recolección domiciliaria

La recolección de residuos domiciliarios puede realizarse tanto de día, como de noche. La programación de la recolección en período nocturno depende de diversos factores, entre los cuales se deben considerar el tamaño y las características de cada municipio (Figuras 13 y 14).

FIGURA 13
Recolección diurna

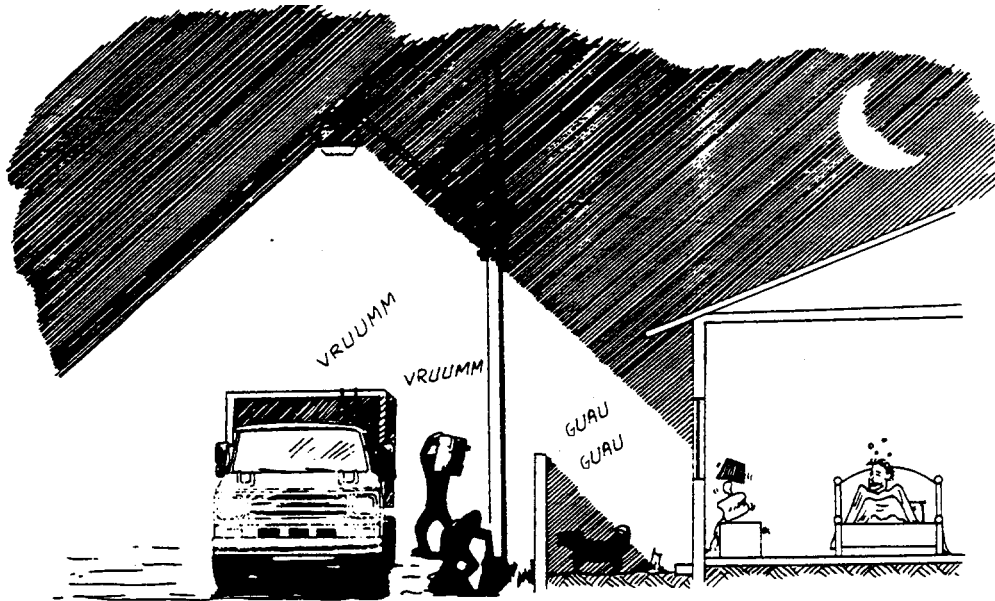


Algunos aspectos favorables y otros desfavorables de la recolección nocturna se presentan a continuación.

Recolección Nocturna - Aspectos Favorables:

- causa menor interferencia en las áreas de intensa circulación automotriz y peatonal, tales como avenidas, calles comerciales, vías principales de acceso, vías con senda exclusiva de ómnibus o corredores viales exclusivos;
- permite una mayor productividad de los vehículos de recolección, gracias a una mayor velocidad media, como consecuencia de una menor interferencia con el tránsito general;
- significa una disminución de la flota de vehículos recolectores, a consecuencia de un mejor aprovechamiento de las unidades disponibles y el establecimiento de dos turnos.

FIGURA 14
Recolección nocturna



Recolección Nocturna - Aspectos Desfavorables:

- el ruido producido de noche, en especial por el manejo y acarreo de recipientes metálicos, y por la compactación de la basura por parte del vehículo, causa molestias a la población. Esta situación es particularmente problemática en barrios con alta densidad poblacional o predominantemente residenciales;
- trayectos por vías estrechas, no pavimentadas o con muchos baches, puede aumentar el riesgo de daños y accidentes con los vehículos;
- el recorrido por vías mal iluminadas puede contribuir a aumentar el riesgo de accidentes a los operarios, y dificultar la visibilidad de la recolección de residuos;
- aumenta la partida de gastos sociales y laborales en el presupuesto de salarios del personal de recolección; eventualmente, puede haber un mayor grado de ausentismo y de rotatividad de mano de obra;
- el uso en dos turnos eleva el desgaste de los vehículos y disminuye la disponibilidad para el mantenimiento preventivo, pudiendo provocar una reducción de la vida útil de los mismos.

En caso de que existan dos turnos, será importante tomar en cuenta los siguientes aspectos para determinar los horarios:

- asegurar intervalos entre la hora final de un turno y la hora inicial del otro, para evitar que eventuales retrasos en el término de la recolección del primer turno interfieran en el proceso de lavado, lubricación y rápido mantenimiento de los vehículos, o provoquen un retraso en el inicio de la recolección del turno siguiente;
- en municipios de mayor extensión, los horarios de inicio y término de turno deben considerar el desplazamiento desde y hasta los barrios donde residen los trabajadores por medio del transporte colectivo.

Etapa 4 - Dimensionamiento de la flota

El dimensionamiento de los servicios de recolección de residuos domiciliarios tiene como propósito determinar el número de vehículos necesarios para prestar ese servicio, al igual que los otros elementos que permitan fijar los itinerarios.

El objetivo puede ser la necesidad de ampliar los servicios como la de reformular parcial o totalmente la recolección de residuos.

Tal reformulación puede ser necesaria cuando:

- haya sustitución y/o renovación de los vehículos y equipo, por otros con características operativas diferentes (por ejemplo, la capacidad de los vehículos recolectores);
- se haya observado una baja eficiencia y productividad del servicio existente;
- se alteren ciertas condiciones de servicio, tales como frecuencia y horarios, entre otras.

***En general el dimensionamiento de la recolección consiste en un proceso interactivo, dado que las decisiones van siendo tomadas y los parámetros adoptados secuencialmente, sin que se consiga evaluar a cada paso sus consecuencias e implicancias.
Esa evaluación es posible recién al término del proceso.***

Los resultados pueden sugerir la conveniencia de revisar las hipótesis adoptadas, siendo necesario, a veces, repetir todo el proceso. En municipios extensos, en los que el problema se vuelve más complejo, se recomienda el dimensionamiento de los servicios tomando en cuenta más de una alternativa, prefiriendo la más adecuada y económica de acuerdo con las disponibilidades de cada municipio.

Por ejemplo: en caso de que la flota disponible se conozca previamente, puede ser necesario reconsiderar la división del municipio en sectores, al igual que las respectivas frecuencias y horarios de recolección, de modo que la flota necesaria sea menor, o al máximo igual a la flota disponible.

A continuación se presentan los pasos para dimensionar el servicio de recolección de residuos domiciliarios.

Levantamiento y recolección de datos

Inicialmente, se deben obtener los siguientes datos y elementos:

- plano general del municipio, catastral o semicatastral (escala 1:5.000 ó 1:10.000);
- vehículos disponibles de la flota, y respectivas capacidades.

Localización de puntos importantes para la recolección

En un plano del municipio se deben indicar los puntos importantes para la recolección tales como el o los garajes de los vehículos de aseo, punto(s) de descarga, grandes centros generadores de residuos, etc.

Determinación del volumen y densidad de los residuos sólidos que se deben recolectar

El volumen y la densidad de los residuos sólidos generados se determinan por medio de los criterios y procedimientos descritos en el Capítulo II.

Definición de los sectores de la recolección

La ciudad se debe subdividir en sectores de recolección que representen regiones homogéneas en términos de generación de residuos *per capita*, de uso y ocupación de la tierra.

Un sector de recolección está compuesto por un conjunto de itinerarios. Los sectores de recolección pueden agruparse en secciones o regiones de recolección, dependiendo de factores administrativos y operacionales.

Para cada sector se deben definir una frecuencia y un horario de recolección con base en los criterios y las recomendaciones que se describen en las etapas 2 y 3, respectivamente.

Además de la frecuencia de recolección, se deben determinar, para cada sector, los días de la semana en que la recolección debe realizarse. Por ejemplo: para un sector, cuya recolección se efectúa dos veces por semana, se deberá determinar si los días serán lunes y jueves, martes y viernes, o miércoles y sábados.

Cada sector de recolección puede necesitar de uno o más vehículos del aseo trabajando simultáneamente en diferentes rutas.

Estimación de la cantidad total de residuos por sector

La cantidad total de residuos que se recolecta en cada sector, se determina tanto en términos de peso, como de volumen. Estos valores se obtienen por medio de los procedimientos descritos en la Etapa 1 de este capítulo, que permiten calcular la generación de residuos *per capita*, y su densidad.

Además, es necesario estimar el número de habitantes de cada sector. Esto se puede calcular a partir del número y tipo de edificaciones (casas o edificios residenciales), a través de informaciones existentes en el catastro inmobiliario del municipio, o en el sector de finanzas o de impuestos, que sirve para hacer el avalúo y el cobro de los impuestos municipales.

Para cada sector se puede definir una densidad media, calculada a partir del número de habitantes por vivienda.

Estimación de los parámetros operacionales por sector

Para cada sector de recolección se deben estimar los siguientes parámetros operacionales:

- distancia entre el garaje de la empresa y el sector de recolección (D_g);
- distancia entre el sector de recolección y el punto de descarga de la misma, bien sea el punto de destino final o una estación de transferencia (D_d);
- longitud total de las vías (calles y avenidas) del sector de recolección, obtenida a través de la suma de la longitud de cada una de las vías pertenecientes a cada sector (L);
- velocidad media de recolección, la cual, preferentemente, se debe medir en las rutas de recolección existentes (V_r).

Dependiendo del sistema vial, la topografía del sitio, el número de operarios y la cantidad de residuos que deben ser recolectados por unidad de distancia (kg/km) y por carga del vehículo; esta velocidad en general varía entre 4 y 6,5 km/h.

- velocidad media de los vehículos en los recorridos entre el garaje y el sector de trabajo, o entre este sector y el punto de descarga y viceversa (V_t); en general debe ser medida en el terreno, y puede variar entre 15 y 30 km/h, según las condiciones locales de tránsito, o si el vehículo está o no cargado, etc.

Las distancias hasta un sector de recolección (D_g , D_d) se pueden estimar considerando el centro geométrico del mismo.

Dimensionamiento de la flota necesaria para cada sector

La flota necesaria para la recolección en cada sector (N_s) se puede estimar a partir de la siguiente fórmula:

$$N_s = (1/J) \times \{ (L/V_r) + 2x (D_g/V_t) + 2x [(D_d/V_t) \times (1/J) \times (Q/C)] \}$$

donde:

- J : duración útil de la jornada de trabajo del personal (en número de horas), desde la salida del garaje hasta su regreso, excluyendo el intervalo concedido para comer y otros tiempos improductivos.
- L : longitud total de las vías (calles y avenidas) del sector de recolección, en km.
- V_r : velocidad media de recolección, en km/h.
- D_g : distancia entre el garaje y el sector de recolección, en km.
- D_d : distancia entre el sector de recolección y el punto de descarga, en km.
- V_t : velocidad media del vehículo en los recorridos de trabajo y de transferencia, en km/h.
- Q : cantidad total de residuos que se debe recolectar en el sector, en t, o en m³.
- C : Capacidad de los vehículos de recolección, en t, o en m³; en general, se toma un valor que corresponde al 70% de capacidad nominal, considerando la variabilidad de la cantidad de residuos recogida cada día.

En el dimensionamiento de la flota es conveniente considerar la generación de residuos en los días normales, y recolectar a través de horas extras, el eventual exceso generado.

Cálculo de la flota total necesaria

El objetivo es calcular la flota efectivamente necesaria para prestar el servicio de recolección de los residuos sólidos domiciliarios.

Vehículos

El dimensionamiento de la flota por sector resulta en la determinación de la cantidad de vehículos necesaria para la recolección en cada sector. La flota total no es la suma de las flotas obtenidas para todos los sectores, dado que la recolección no se produce en todos los sectores en los mismos días y horarios.

La flota total corresponde al mayor número de vehículos que deben operar simultáneamente, es decir, en un mismo día y horario. Por ejemplo, en caso de que existan sólo dos sectores, uno de trabajo diurno y uno nocturno, con frecuencias diarias y flotas calculadas en cinco y cuatro vehículos respectivamente, la mayor flota necesaria es el número mayor de los dos, es decir, cinco vehículos, ya que serán cuatro de esas cinco unidades las que van a operar en horas nocturnas.

El cálculo de la flota se vuelve más complejo cuando hay muchos sectores, con frecuencias y horarios distintos. Para facilitar ese cálculo, se sugiere la elaboración de una tabla por turno u horario de trabajo, donde se indique, para cada sector, la flota necesaria por día de la semana, como se indica en la Tabla 1.

Sector	Frecuencia	Flota necesaria (vehículos)						
		Dom.	Lun.	Mar.	Miér.	Jue.	Vier.	Sáb.
A	Lun / Miér / Vier	-	3	-	3	-	3	-
B	Mar / Jue / Sáb	-	-	4	-	4	-	4
C	Diaria	-	5	5	5	5	5	5
TOTAL		-	8	9	8	9	8	9

Se debe llenar en esta tabla, para cada horario o turno de trabajo previamente definido, todos los sectores de recolección del turno en cuestión e indicar las respectivas frecuencias de servicio.

Para cada sector debe completarse -con el número de vehículos asignados - columnas correspondientes a los días de la semana en que se va a hacer la recolección.

Se totalizan las flotas para cada día de la semana. La flota necesaria para cada turno u horario de recolección corresponde a la mayor de los siete días de la semana. En el ejemplo aludido en la Tabla 1, la flota para la operación en el turno diurno corresponde a nueve vehículos.

La flota total corresponde al mayor valor de las flotas necesarias para cada horario o turno de trabajo.

Al número necesario de vehículos se suele añadir un 10% de unidades adicionales como reserva para reparaciones y mantenimiento de los vehículos, y 5% para emergencias.

Un indicador de que el dimensionamiento de la flota puede no estar adecuado y, por lo tanto debe revisarse, es una gran diferencia (o disparidad) entre las flotas totales que correspondan a cada día de la semana para cada turno.

Personal

Se llama «personal» al conjunto de individuos que recogen y amontonan los residuos sólidos en el camión, durante la recolección.

El número de componentes del personal de recolección varía en función, principalmente, del tipo de equipo que se utiliza, del volumen de residuos que se debe recoger y la velocidad deseable del vehículo.

Para los camiones compactadores se utilizan, además del chofer, de dos a cuatro operarios para la recolección a ambos lados de la vía.

En el caso de camiones abiertos, además de los recolectores, se necesitan una o dos personas sobre el camión que se encarguen de retirar los residuos sólidos de dentro del recipiente y devolverlo al obrero responsable de la recolección en la vía. Cuando los residuos sólidos está contenidos en bolsas plásticas, deben echarlos sobre el camión donde se encargan de organizar la disposición para aprovechar mejor los itinerarios.

En el caso de vehículos con tracción animal, normalmente se utiliza un carretero y un recolector, el cual también se encarga de acomodar los residuos sólidos sobre la carreta.

Etapas 5 - Definición de los itinerarios de recolección

El itinerario de recolección es el trayecto que el vehículo recolector debe recorrer dentro de un mismo sector, en un mismo turno de trabajo, transportando el máximo de residuos con el mínimo de recorrido improductivo y con el menor desgaste posible para el personal y el vehículo.

Se llama «recorrido improductivo» a los trayectos que el vehículo recorre sin recoger residuos, y que sólo sirven para desplazarse de un punto a otro.

Para su planificación, se deben considerar los siguientes criterios y reglas prácticas:

- inicio de la recolección cerca del estacionamiento;
- término de la recolección cerca del área de descarga;
- recolección en bajada, cuando se realiza en vías pendientes, para ahorrarle esfuerzo tanto al personal como al vehículo;
- recorrido continuo: recolección en los dos lados de la vía. Sin embargo, el recorrido se deberá hacer de nuevo y en sentido inverso en las vías anchas, de doble flecha y de tráfico intenso, evitando que el personal cruce la vía.

Es usual elaborar para cada itinerario de recolección, una ruta gráfica del área en un mapa o croquis, donde se indica su comienzo y su término, el recorrido, los puntos de recolección manual (sin acceso al vehículo, siendo los residuos sólidos recogidos y cargados por el personal), trechos con recorrido muerto y maniobras especiales, como retroceso y retorno. Además, se debe elaborar una ruta descriptiva del itinerario de recolección, en forma de tabla, indicando los nombres y longitud de las calles y cuerdas en la secuencia definida por el itinerario a recorrer, al igual que el tipo de maniobra a realizar al final de cada cuadra (vuelta a izquierda o a derecha, retorno, etc.)

Se debe considerar que el proyecto de recolección es dinámico, y deberá ser revisado periódicamente, tomando en consideración las variaciones en la generación de residuos en cada sector, si fueron pavimentadas nuevas calles, etc., para modificar o ajustar las rutas originales o, inclusive, los sectores de recolección.

Estaciones de transferencia

Las migraciones desde el campo hacia la ciudad y el crecimiento vegetativo de la población provocan una expansión acelerada de la población urbana, lo cual dificulta el hallazgo de áreas adecuadas para el tratamiento y destino final de los residuos, tanto por la oposición de la población a ubicarlas en su vecindad, como por el costo de los terrenos.

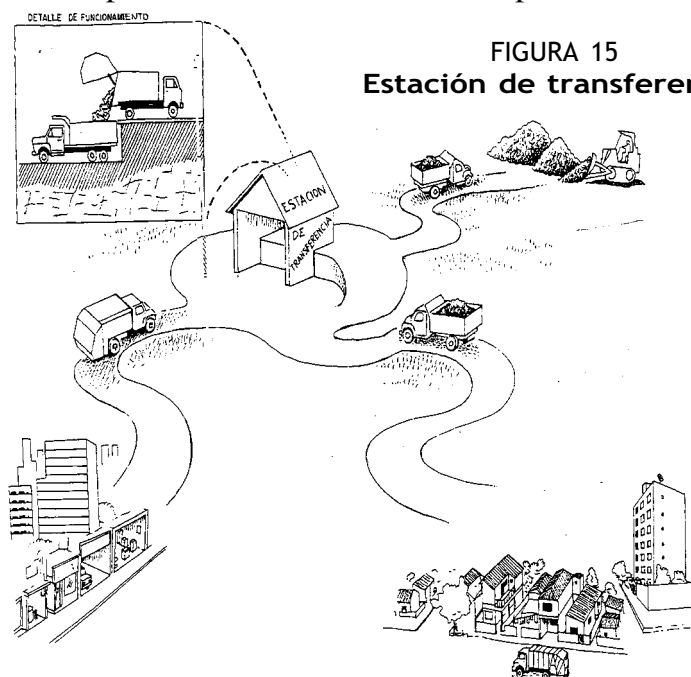
Las grandes distancias que se deben vencer hasta el punto de destino final de los residuos, recomiendan el uso de estaciones de transferencia, que acorten el recorrido de los vehículos recolectores; de este modo se economiza, y se permite un más efectivo transporte de los residuos sólidos en vehículos con capacidad entre 40 y 60 m³, en general con costos unitarios de transporte menores (Figura 15).

Las estaciones, pueden clasificarse en:

- en cuanto al medio de transporte luego de la transferencia:
 - viales;
 - ferroviarias;
 - fluviales;
- en cuanto al modo de almacenamiento:
 - con foso de acumulación
 - sin foso
- en cuanto al tratamiento físico previo:
 - con sistema de compactación de volumen
 - de simple transferencia.

Consideraciones prácticas indican que puede haber ventajas económicas en la implantación de estaciones de transferencia, a partir de una distancia límite de 6 km para camiones convencionales, y entre 12 y 25 km para camiones compactadores. Estos valores son apenas indicativos, siendo necesario un estudio comparativo que considere los costos de implantación y de operación de una estación y la economía generada con la disminución de la distancia que debe ser recorrida por los camiones recolectores.

Se debe asegurar que el tiempo invertido en la descarga de los vehículos recolectores sea minimizado y se evite la formación de colas, debido a que ese tiempo improductivo de espera disminuye la disponibilidad de los vehículos para la tarea de recolección.



5 Residuos de los servicios de salud y hospitalarios

Recolección

La recolección de los residuos de los servicios de salud debe ser hecha de forma diferenciada, procurando:

- un destino apropiado;
- evitar la contaminación de los residuos comunes;
- el manejo seguro de los residuos contaminantes.

La gestión adecuada de la recolección de los residuos de salud, en especial de los residuos peligrosos (infecciosos, químicos o radioactivos) es fundamental para evitar riesgos a la salud pública.

Los residuos deben ser recolectados en todos los establecimientos que prestan servicios en el área de la salud, los cuales pueden clasificarse en:

- generadores grandes: hospitales, centros de primeros auxilios, etc.;
- generadores pequeños: farmacias, laboratorios, clínicas dentales y veterinarias (la producción de residuos que no deben exceder los 0.15 m³ diarios, o 0.7 m³ semanales). (1 m³ = 1000 L)

La recolección de los residuos de los servicios de salud comprende una fase interna y una fase externa.

Fase interna

En la fase interna, el manejo de los residuos debe evitar la contaminación en el interior de los establecimientos de salud, cuyos ambientes favorecen la propagación de infecciones. Esta fase implica:

- revisión y separación de los desechos;
- transporte interno;
- acondicionamiento.

Clasificación

La clasificación tiene como propósito separar los desechos en ³¹:

I) Desechos Comunes;

II) Desechos Contaminados;

A su vez éstos se subdividen en:

II.1) Infecciosos;

II.2) Punzantes o cortantes;

II.3) Especiales.

Se deben clasificar aquellos residuos que por prevención de contaminación del ambiente y/o ventajas económicas justifican la recuperación de materiales, tales como: películas de radiografía y productos de revelado, termómetros, papeles, cartones y restos de alimentos.

Transporte interno

Cada establecimiento debe establecer circuitos apropiados para el transporte de desechos, evitando confundir los circuitos "limpio" y "sucio". Debe además, estudiar la interfase espacial y temporal con las demás actividades de transporte de enfermos y alimentos, entre otras.

Cuando no es posible establecer clasificación entre las diversas clases de residuos es recomendable que todo el conjunto sea tratado como peligroso.

Acondicionamiento (ya tratado en el Punto 1 de este Capítulo)

Fase externa

Diariamente, los residuos contaminados deben ser recolectados en vehículos con carrocería metálica, cerrada, de fácil operación de carga y descarga, y lavados con productos desinfectantes. Se deberán utilizar los siguientes vehículos:

- vehículos para la recolección de pequeños generadores;
- camiones compactadores para la recolección de grandes generadores.

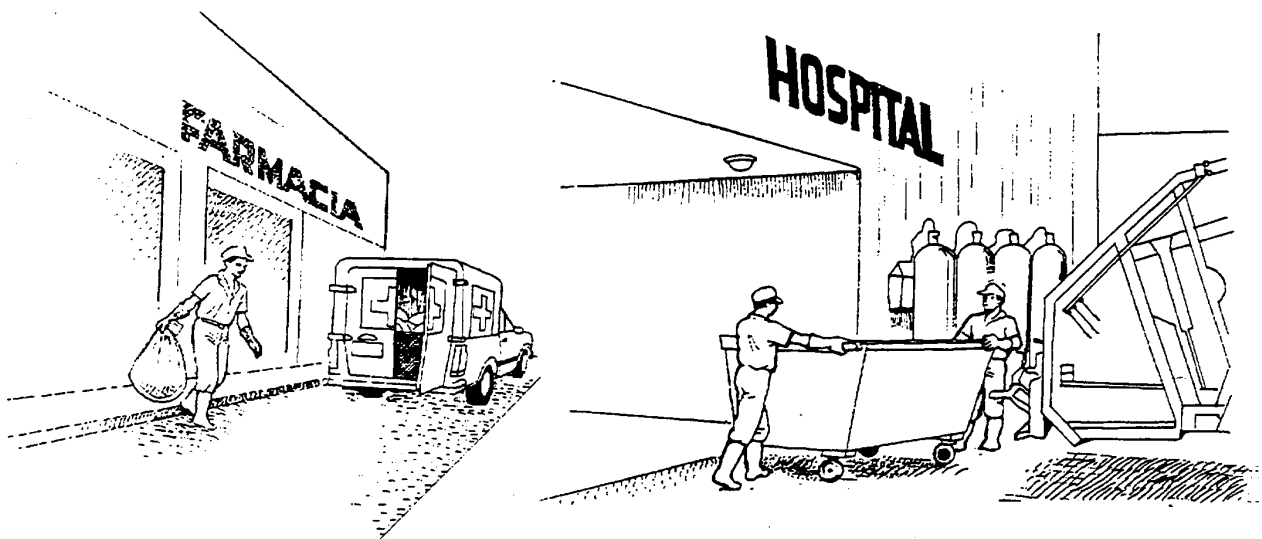
En estos camiones, el grado de compactación debe ser mínimo para evitar que las bolsas se rompan. Deben también poseer equipo para levantar contenedores y canaleta para la recolección de líquidos.

El personal asignado a la recolección y transporte de residuos contaminados, generalmente un chofer y uno o dos ayudantes, deben trabajar con guantes y botas, estar vacunados (contra la hepatitis y el tétano), y someterse a exámenes médicos periódicos (Figura 16).

Al implantar este tipo de recolección de residuos, todos los establecimientos deben ser registrados y orientados acerca de la forma como deben acondicionar los residuos, día y horario en que se hará la recolección.

La ABNT de Brasil tiene las NBR-12807, 12808, y 12809 relativas a la gestión de residuos de servicios de salud. (Anexo B)

FIGURA 16
Recolección de residuos contaminados



6 Costos de recolección y transporte

El control de los gastos y el cálculo de los costos de la recolección son aspectos importantes, que permiten:

- gestión adecuada de los recursos humanos y materiales;
- planificación de los servicios;
- actualización de la tasa de aseo, con miras en la cobertura integral de los servicios de limpieza pública;
- elaboración del presupuesto municipal;
- negociación en condiciones de igualdad con la empresa contratada para prestar el servicio (información es poder);
- cálculo de las tarifas que se le deben cobrar al ciudadano por la prestación del servicio.

Cabe destacar que la determinación de los costos de una empresa de recolección de residuos es efectuada principalmente por motivos contables legales. Adicionalmente, la clasificación y el cálculo correcto de los costos son fundamentales para evaluar el desempeño de los servicios de la empresa como un todo, mejorando la toma de decisiones.

En el caso de la intendencia, esas informaciones son necesarias para que la eficiencia de las empresas prestatarias de los servicios de recolección de residuos pueda ser evaluada, y permiten determinar la remuneración que debe darse por tales servicios.

De todos modos, esa evaluación se puede hacer comparando servicios con características semejantes, u observando la evolución de la empresa de aseo urbano o de su servicio a lo largo del tiempo.

La intendencia que sabe cuánto gasta realmente puede cobrarle al ciudadano una tarifa justa.

Clasificación de los costos

Los costos se pueden clasificar en fijos y variables. Los costos fijos comprenden los gastos que, en la práctica, no varían con el nivel de actividad de la empresa o el grado de utilización de los equipos. En cambio, los costos variables son proporcionales a la utilización de los equipos.

Esta clasificación, por otra parte, es insuficiente para evaluar la efectividad de los servicios y prever el efecto de los cambios introducidos. Algunos costos pueden estar directamente asociados a las distancias recorridas por los camiones como, por ejemplo, el consumo de combustible. Otros están asociados con el número de horas de operación de los vehículos, como el consumo de lubricante utilizado para activar el compactador. Este detalle en la composición de los costos es importante para una mayor transparencia y evaluación de las transformaciones que se vayan a introducir.

Costos fijos

Costos mensuales (\$/mes)

- Costos Relacionados con la Flota

A este grupo pertenecen los siguientes costos: depreciación de los vehículos, pago del capital invertido en los vehículos, seguros (inclusive el seguro obligatorio), impuestos, patentes, etc., y dependen básicamente del tipo, cantidad y edad de los vehículos.

- Depreciación de los Vehículos

Para obtener el costo de depreciación de la flota, se le calculan a cada unidad incluyendo el compactador cinco años de vida útil. El valor a ser depreciado es normalmente 80% del precio del vehículo nuevo (sin cubiertas), considerándose un valor residual de 20%.

En este caso, las tasas de depreciación para cada edad del vehículo, calculadas por el método de suma de los años, son:

0 a 1 años	0,2667;
1 a 2 años:	0,2133;
2 a 3 años:	0,1600;
3 a 4 años:	0,1067;
4 a 5 años:	0,0533;
más de 5 años:	0.

En algunos casos se puede considerar una depreciación de hasta 90% del precio del vehículo nuevo.

La consideración de la vida útil de los vehículos, al igual que la de su deprecación, influye en el cálculo de los costos de la recolección, y se deben estimar con mucho cuidado.

La depreciación mensual de cada vehículo, al año, se obtiene multiplicando su valor (sin cubiertas) cuando nuevo, por la tasa correspondiente a su edad y dividiendo ese resultado por doce (número de meses).

La depreciación mensual de la flota se obtiene sumando los valores mensuales de depreciación de cada vehículo.

La depreciación por el método lineal, por su simplicidad, también es muy utilizada. De todos modos, el cálculo por el método de la suma de los años, por resultar en mayor depreciación al comienzo de la vida útil, presenta ventajas fiscales.

- Pago del Capital Relacionado con la Flota

Para el cálculo del pago anual del capital invertido en los vehículos se adopta la tasa de 12% anual. El resultado obtenido, dividido entre 12, da el pago mensual.

El valor de cada vehículo se paga, de acuerdo con su edad, deduciendo lo que fue depreciado de su valor cuando nuevo, de acuerdo con la siguiente tabla de factores multiplicadores:

0 a 1 años:	1,0000;
1 a 2 años:	0,7333;
2 a 3 años:	0,5200;
3 a 4 años:	0,3600;
4 a 5 años:	0,2533;
más de 5 años:	0,2000.

El pago mensual de cada vehículo, en el año, se obtiene multiplicando su valor (sin cubiertas) cuando nuevo, por el factor correspondiente a su edad y multiplicando ese resultado por 0,01 (1%).

El pago mensual de la flota se obtiene sumando los valores mensuales de pago de cada vehículo.

- Otros Costos Relacionados con la Flota

Además, se considera la suma de los costos de seguro de casco, seguro obligatorio, impuestos, patente de cada vehículo, etc., dividida por los doce meses del año.

• Costos Relacionados con las Instalaciones y Equipos

Para las instalaciones (edificios y garajes) y equipos (máquinas, vehículos auxiliares y mobiliario), no utilizados directamente en el servicio de recolección de residuos, se calculan los costos mensuales de depreciación, el pago de capital, impuestos, tasas, etc.

La determinación de la depreciación y pago de las instalaciones y equipos se puede obtener del balance de las empresas. En el caso de las instalaciones, por tener una vida útil larga (cincuenta años) en relación con otros bienes, la fracción de depreciación resultante puede no ser significativa. De hecho, es posible que en lugar de una depreciación, haya una valorización en función del cambio de la alteración del uso del suelo.

• Costo de la Mano de Obra

El costo de la mano de obra puede ser dividido en mano de obra directa y mano de obra indirecta. La mano de obra directa está relacionada con la actividad de recolección propiamente dicha. La mano de obra indirecta comprende las actividades administrativas, de apoyo y de fiscalización.

- Mano de Obra Directa

Comprende los salarios, cargas sociales, pago de horas extras y beneficios concedidos (comidas, asistencia médico-odontológica, etc.) a los choferes y recolectores. Para evaluar

medidas de eficiencia, se pueden separar los costos correspondientes a los choferes de los de los recolectores.

- Mano de Obra Indirecta

Comprende los salarios, cargas sociales, pago de horas extras y beneficios concedidos a los mecánicos, supervisores y empleados administrativos. Para evaluar medidas de eficiencia, se pueden separar los costos debidos a los mecánicos y supervisores, de los demás.

- Otros Costos Fijos Mensuales

Se incluyen los costos de material de escritorio, servicios de terceros, uniformes, agua (consumo humano), energía eléctrica, teléfono, gas, etc.

Costos variables

- Costo por Kilómetro Recorrido (\$/km)

Caen dentro de esta categoría: combustibles, aceites lubricantes (cárter, transmisión, freno, etc.), grasas, filtros, conjunto de rodamiento (cubiertas, cámaras y protectores), piezas de repuesto de los camiones, etc. Se calculan de esta forma:

- se dividen las cantidades de insumos consumidos por cada vehículo, por el número de kilómetros recorridos;
- se multiplica el consumo por kilómetro por el precio de cada insumo;
- se suman los costos por kilómetro de los insumos de todos los vehículos.

En el caso de las cubiertas, se debe tener en cuenta el costo de la cubierta nueva, su vida útil, las reparaciones y sus respectivas vidas útiles, como se indica a continuación:

$$\text{costo de las cubiertas por km} = N \times \frac{CN + R \times CR}{VN + R \times VR} =$$

donde:

N	=	número de ruedas del vehículo
R	=	número de recauchutajes
VN	=	vida útil, en km, de un cubierta nueva
VR	=	vida útil, en km, de un cubierta recauchutada
CN	=	costo de una cubierta nueva
CR	=	costo de un recauchutaje

En el caso de piezas de repuesto de los camiones, los gastos totales se dividen por el número de kilómetros recorridos.

- Costo por Hora de Operación de los Vehículos (\$/h).

En esta categoría se incluyen, por ejemplo: lubricantes, fluido hidráulico consumido por el compactador, y piezas sustituidas.

Ese costo se calcula de la siguiente forma:

- se dividen las cantidades de los insumos consumidos por cada vehículo, por el número de horas de operación;
- se multiplica el consumo horario por el precio de cada insumo;
- se suman los costos horarios de insumos de todos los vehículos.

En el caso de piezas de repuesto de los compactadores, se dividen los gastos totales por el número total de horas trabajadas.

Costos unitarios

Los costos pueden ser sumados de acuerdo con el análisis deseado. De este modo, se puede prever el impacto de los cambios que ocurren, o alteraciones introducidas, sobre la(s) empresa(s) y, consecuentemente sobre la remuneración de los servicios prestados. La clasificación ya indicada, permite hacer una estimación bastante precisa del costo que implica cada alteración, como, por ejemplo, el cambio de lugares de disposición final de los residuos sólidos.

Para obtener una estimación rápida del costo al comenzar o ampliar un servicio de recolección, se pueden utilizar los costos unitarios de los servicios ya existentes. Son ejemplos de costos unitarios: el costo kilométrico, el costo medio por tonelada recolectada y el costo medio por persona atendida.

Esos tres costos unitarios están también relacionados con la eficiencia de la empresa recolectora. Es posible, inclusive, determinar la eficiencia de un vehículo, de una ruta o de un sector de recolección, con sólo añadir los costos variables por vehículo, ruta o sector y promediar el costo fijo con el kilometraje correspondiente.

Costo kilométrico

El costo kilométrico se obtiene dividiendo el costo anual (o mensual) total de la recolección, incluyendo los costos fijos y los variables, entre el kilometraje total recorrido en un año (o en un mes) por los vehículos.

Costo por tonelada

Del mismo modo, el costo medio por tonelada se obtiene dividiendo el costo total de la recolección de un período de tiempo, por la cantidad total de residuos recolectada, en toneladas en ese período.

Costo por persona atendida

El costo medio por persona atendida se obtiene dividiendo el costo total de la recolección de un período de tiempo, por el número de personas atendidas en ese tiempo.

Comparación con otras ciudades

Al comparar costos y precios entre ciudades, se debe tener presente:

- ciudades más grandes tienden a tener costos unitarios de recolección menores que las ciudades pequeñas, debido a la economía de escala;
- ciudades de un mismo tamaño pueden tener costos diferentes, en función de variaciones significativas en algunos parámetros, como: densidad poblacional, distancia del área de descarga, condiciones de las vías, etc.;
- el costo que se compara puede no representar la calidad necesaria en la prestación de los servicios.

Por lo tanto:

- los precios que se dan en otras ciudades deben servir como indicadores no concluyentes;
- en virtud de los altos valores involucrados en la recolección, sea cual fuere el modelo de gestión adoptado, la adecuación de costos es fundamental.

7 Evaluación de la efectividad

Además de los tres costos indicados en el punto anterior, se pueden buscar otros aspectos, para evaluar la efectividad de la empresa o del servicio.

Medidas de productividad

- Toneladas recolectadas/(vehículo x turno): indica cuántas toneladas son recolectadas por cada vehículo o grupo de vehículos que participan en un turno de trabajo. Se observaron valores de 4 y 8 toneladas por viaje, para un promedio de dos viajes por turno (para un camión compactador con capacidad de 10 a 15 m³);

- km de recolección/(vehículo x turno): indica cuántos kilómetros de recolección son recorridos por cada vehículo o grupo de vehículos, en un turno.

Valores bajos para los dos indicadores son indicios de que la recolección es poco eficiente. Un elevado kilometraje y un bajo tonelaje, pueden ser causados por poca densidad de residuos. Un elevado tonelaje y un bajo kilometraje, pueden ser causados por una alta densidad de residuos.

Indicadores de eficiencia operacional

Utilización de los vehículos

- velocidad media de recolección: representa la velocidad media del (de los) vehículo(s) durante el proceso de recolección. Se mide en km/h. Sin embargo, se utiliza también: kg/h, y m³/h;

- km de recolección/(km de recolección y transporte): indica la relación entre la distancia recorrida en la recolección, y la distancia recorrida en la recolección y el transporte hasta el sitio de disposición final o la estación de transferencia (ida y vuelta). Se utiliza también la relación: tiempo de recolección/tiempo de recolección y transporte;

- km de recolección/km totales: semejante al cálculo anterior, considera también el recorrido desde el garaje hasta el sitio de recolección (ida y vuelta). Se utiliza, además, la relación: tiempo de recolección/tiempo total;

- tonelaje de recolección/capacidad: relación entre lo recolectado por el (los) vehículo(s) y su(s) capacidad(es) para un determinado número de viajes. Es importante observar que, en la fase de dimensionamiento de las rutas, los vehículos, tipo de los mismos y flota, se utiliza un coeficiente de 0,7 para esa relación.

Utilización de mano de obra

- empleados recolectores/(población atendida x 1.000): se observaron valores de 0,2 a 0,4 para Latinoamérica²³;

- tonelaje recolectado/(turno x recolector): considerando turnos de 8 horas, se observaron valores entre 2 y 5 para Latinoamérica²³ y 5 y 8 para los EUA, donde la recolección posee un grado mayor de mecanización²³;

- mano de obra directa/mano de obra indirecta: expresa la relación entre el número de operarios que trabajan directamente en la recolección, y el número de empleados administrativos y de apoyo. Se puede calcular también el costo de la mano de obra directa sobre el costo de la mano de obra indirecta, en un determinado período.

Mantenimiento

- kilometraje medio entre fallas: la medida para uno o más vehículos, está relacionada con la eficiencia del mantenimiento preventivo. De todos modos, se debe tomar en consideración las edades de los vehículos;

- vehículos disponibles/flota: está relacionada con la eficiencia general del mantenimiento.

Indicadores de calidad

- población atendida/población total: es ideal atender un 100% de la población;
- regularidad: la regularidad puede ser medida como porcentaje entre las recolecciones efectuadas en un período de tiempo, y el total de recolecciones planificadas;

- frecuencia: dependiendo de la zona y de la cantidad de residuos generados, se adopta una frecuencia diaria para la recolección domiciliaria y para los servicios de salud, y hasta más de una vez por día en sitios donde se producen grandes cantidades de residuos (centros comerciales) o lugares de turismo y de esparcimiento. Dependiendo de la forma como los residuos sólidos domiciliarios es almacenada, se podría reducir la frecuencia a una vez por semana, como sucede en los EUA, donde se utilizan contenedores basculantes,

molinos en los desagües de las cocinas que trituran desechos, y se está extendiendo el uso de compactadores de residuos familiares. En la mayor parte de Uruguay la costumbre es la recolección diaria.

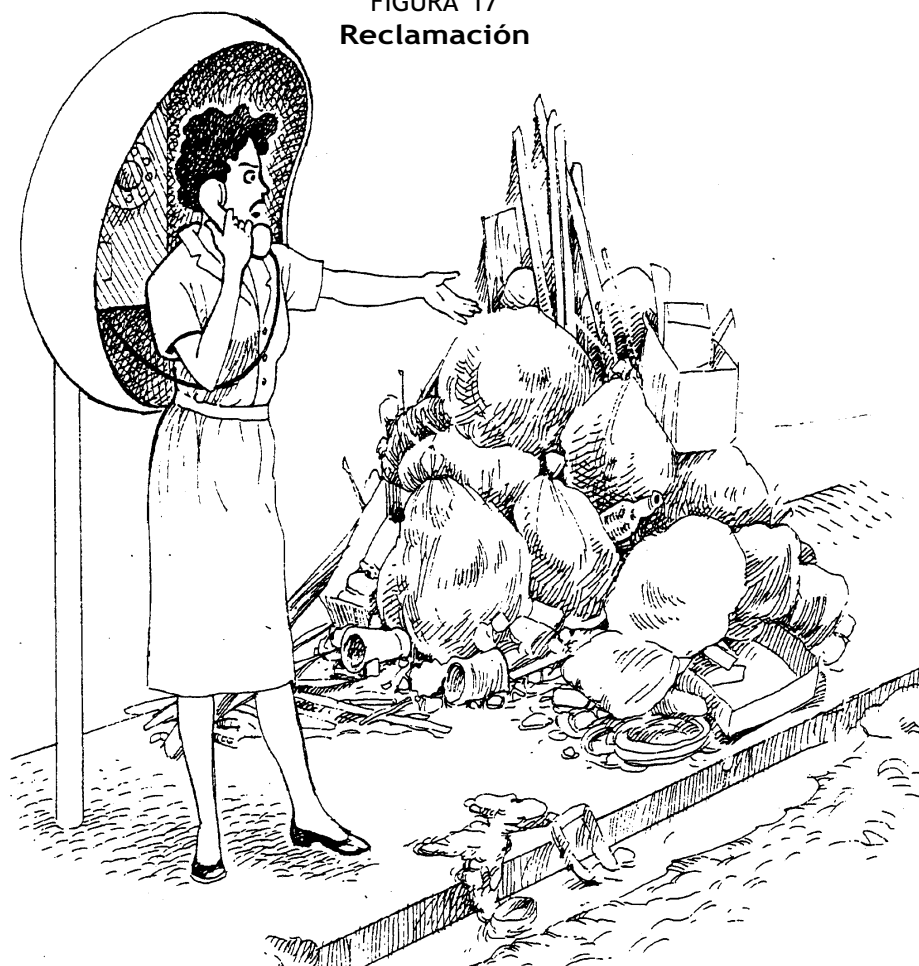
Nivel de seguridad

- kilometraje medio entre accidentes con vehículos: medida del grado de seguridad en la conducción del (los) vehículo(s) por parte del (los) chofer(es);
- tiempo medio entre accidentes del personal: medida del grado de seguridad en la actividad de recolección.

Es fundamental la evaluación periódica de la eficiencia de los servicios de recolección domiciliaria, tanto si es efectuada directamente por el municipio, o a través de una empresa contratada.

La población puede contribuir efectivamente a evaluar la eficiencia de los servicios. Por tanto, es importante establecer un canal de comunicación directa (en Brasil existe el disque limpieza).

Sin embargo, si el poder público no toma las medidas que se sugieren, ese instrumento de comunicación puede caer en descrédito. Los reclamos hechos pueden ser registrados, verificados y/o confirmados, y transformados en índices de la eficiencia del servicio. (Figura 17)



8 Aspectos institucionales

Es importante distinguir los residuos sólidos urbanos de los residuos que, por sus características, exigen un tipo especial de acondicionamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final.

La recolección de los residuos sólidos urbanos y domiciliarios es incumbencia de la municipalidad. Consiste en la prestación de un servicio esencial que no se presenta como un servicio facultativo, sino un deber de la administración pública. En cambio, la recolección de residuos sólidos industriales y otros especiales es facultativa para la municipalidad. Constituye obligación del generador realizar el acondicionamiento adecuado, transporte y destino final.

En las ciudades medias y pequeñas prevalece la administración directa. En las ciudades grandes existe la tendencia a crear entidades autónomas - empresas públicas, para-estatales o de economía mixta, que poseen un sistema administrativo independiente de la burocracia municipal - aspirando a una mayor agilidad y autonomía operacional y administrativa. Sin embargo, aunque las actividades administrativas, de formulación de políticas y de administración estén bajo la responsabilidad del municipio o de su empresa, se observa, en la parte operacional, una creciente concesión de los servicios a empresas privadas.

Hasta ahora los servicios de limpieza sólo se financian a través de tasa vía impuestos, no habiendo posibilidades de cobrar por medio de tarifas como ocurre con la luz y el agua. Para lo que entre otros cambios habría que introducir un seguimiento de la cantidad de personas por residencia.

9 Otros servicios de limpieza

Barrido

La recolección de residuos de las calles y lugares públicos (plazas, playas, parques), se puede hacer manual o mecánicamente. Tiene como objetivo:

- minimizar riesgos a la salud pública;
- mantener limpia la ciudad;
- prevenir inundaciones y desbordamientos de ríos y curso de aguas.

El barrido, hecho por administración pública o por una empresa contratada, implica gastos significativos y se debe realizar a través de un plano de barrido, en el cual se establezcan:

- sectores de la ciudad, y sus respectivas frecuencias de barrido;
- rutas y número necesario de barrenderos y equipo;
- productividad esperada;
- análisis de costos para calcular el impuesto relativo a los servicios prestados.

Concientización de la ciudadanía

Limpiar una calle es diferente de mantener una calle permanentemente limpia.

Calles limpias, cestos para residuos en sitios convenientes, campañas permanentes de educación y una rigurosa fiscalización del cumplimiento de las ordenanzas municipales funcionan como elementos inhibidores para las personas que están acostumbradas a tirar residuos por todas partes.

La limpieza de las veredas y calles no depende sólo de las iniciativas de la intendencia, sino principalmente, de la educación y conciencia ciudadana.

Se deben promover campañas educativas junto con la comunidad, para que los residuos sólidos sean colocados en tachos. Papeles, embalajes, palitos, cigarrillos y otros objetos que suelen echarse a la acera, pueden ser fácilmente colocados en un cesto, manteniendo la apariencia limpia de la calle y valorizando la ciudad como un todo. La limpieza de las calles es un elemento importante en la atracción de turistas, que suelen observar detalles de los lugares que visitan.

Existen países donde es corriente que las personas que tiran residuos fuera de los cestos reciban multas, inclusive en autopistas. Esas multas pueden llegar a centenas de dólares.

Además de valorizar la ciudad, la realización de campañas del tipo "mantenga limpia su ciudad" reduce los costos del barrido, ya que entonces los residuos sólidos se encontrarán concentrados en los cestos. (Figura 18)

Como ejemplo, se puede citar África del Sur, que a pesar de poseer un 80% de población de escasos recursos, presenta calles más limpias que en los Estados Unidos. Allí existe una campaña fortísima de "Keep South Africa Beautiful" (Mantenga Sudáfrica Hermosa).

FIGURA 18
Símbolo internacional para descarte de residuos



Barrido manual

Para la elaboración de un plano de barrido, son necesarias informaciones gráficas de:

- delimitación del área;
- topografía;
- tipo de pavimentación;
- uso del suelo;
- extensión de las vías;
- circulación de peatones;
- localización de los cestos;
- cualquier otra información que pueda tener relación con el barrido, como, por ejemplo, localización de los mercados, parques, paradas de ómnibus, etc.

La ubicación de instalaciones de apoyo, que incluyan comedor, sanitarios, vestuarios, garaje, sala de administración y equipos, se debe estudiar con cuidado, ya que, si la ciudad es extensa, una instalación única puede significar una notable pérdida de tiempo con los traslados y desplazamientos.

Debido al carácter permanente del servicio de barrido, se puede justificar la inversión en instalaciones de apoyo, en caso de que la comunidad local solicite una extensión de los servicios, y si todos están dispuestos a pagar su respectiva cuota.

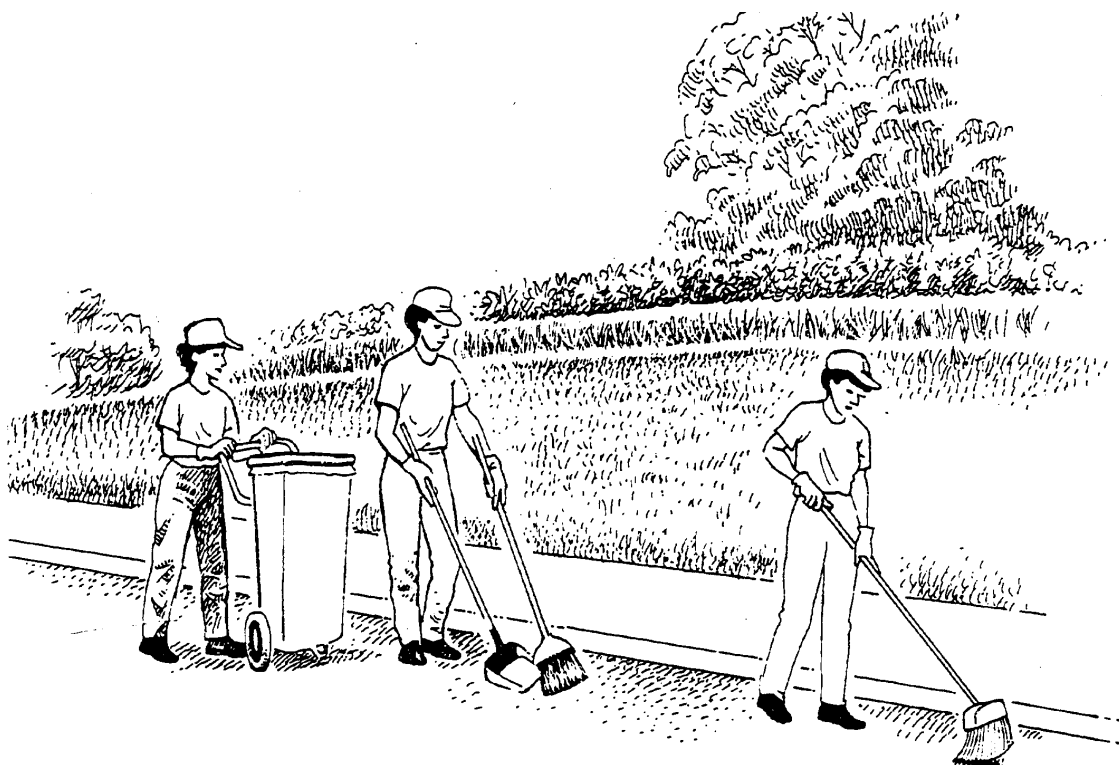
En los alrededores de esos puntos de apoyo, se definen sectores de barrido con un radio aproximado de 800 m. Las rutas podrán ser cubiertas por dos barrenderos y un auxiliar que movilice el carrito¹⁸.

Los recorridos deben ser circulares y siguiendo el sentido de las pendientes, de modo

tal, que cada barrendero, partiendo del lugar de apoyo, finalice su tarea regresando al punto de inicio (Figura 19).

El barrido nocturno puede representar una productividad sorprendente, por la ausencia de vehículos y peatones, con equipos trabajando en turnos de 12 horas por 36 horas de descanso.

FIGURA 19
Barrido



La frecuencia del barrido es función directa del tipo de uso del suelo:

- mayor en áreas de gran flujo de peatones;
- menor en zonas residenciales.

Barrido mecánico

Se realiza con máquinas barrenderas, las cuales, según el chasis, se pueden clasificar en:

- normal -con 4 ruedas;
- triciclo -más manejables.

En cuanto al sistema para recoger los residuos sólidos, las máquinas barrenderas se pueden clasificar en:

- mecánicas -recogen los desechos por medio de una escoba que barre y acumula los residuos dentro de la máquina;
- aspiradoras -absorben los residuos directamente adentro de la máquina.

Como referencia, se puede tener un rendimiento de personal barriendo de 1.000 a 2.500 m de calle por día, considerando las aceras de ambos lados recogiendo de 30 a 90 Kg de residuos/Km barrido, con 0,4 a 0,8 barrenderos por cada 1.000 habitantes²³.

Además del barrido, los lugares públicos, plazas, playas y el sistema de alcantarillas y drenaje urbano de las aguas de lluvia de una ciudad, necesitan de servicios complementarios, para su mantenimiento.

Deshierba y corte del pasto

La deshierba puede ser manual o por tratamiento químico con herbicidas, y se debe hacer, en promedio, cada tres meses. Una planificación más detallada debe considerar la velocidad de crecimiento de la mata, que varía significativamente según la estación del año.

En la deshierba manual se utilizan herramientas como palas, machetes, escardillos, picos y carretillas, por parte de equipos de empleados generalmente numerosos. Para dimensionar ese contingente de operarios, algunas ciudades adoptan la proporción de 150 m²/día/obrero.

En el tratamiento químico, una persona puede fumigar (espolvorear) un área de 10 mil m²/día. Ese servicio, sin embargo, puede afectar animales, plantas, la población próxima y al mismo operador, y no se recomienda en período lluvioso. Existen controversias en cuanto a su utilización. De todos modos, en caso de que se adopte, se recomienda solicitar la orientación de un ingeniero agrónomo en cuanto a la elección del producto y su dosificación, debido a la posibilidad de causar daños al ambiente y a la población.

Cuando se desea mantener una cobertura vegetal a fin de evitar deslizamientos de tierra y erosión, o por razones estéticas, se hace necesario cortar periódicamente el pasto. Para ello se pueden utilizar, el machete, que presenta un rendimiento de 200 a 300 m²/día/persona, cortadoras mecánicas individuales, con un rendimiento 50% superior o, inclusive, microtractores cortapastos.

La deshierba de terrenos y paseos particulares, debe ser realizado por sus propietarios, orientados por la fiscalización del servicio de aseo urbano.

Limpieza de playas

La frecuencia de la limpieza y el número de equipos en las playas deben ser mayores en épocas de gran afluencia, como vacaciones, días de asueto y fines de semana.

Cestos para los residuos sólidos y tambores deben estar colocados a lo largo de la playa, y ser vaciados sistemáticamente y conservados limpios.

La limpieza manual se puede hacer por grupos de trabajadores provistos de rastrillos, y la limpieza mecánica por medio de máquinas rastrilladoras.

Campañas del tipo “Mantenga la playa limpia”, en coordinación con la iniciativa privada, con distribución de bolsas de residuos, son también importantes.

Limpieza de sitios o calles donde hay ferias libres.

La limpieza de las ferias libres se debe hacer inmediatamente después de su conclusión, por parte de los mismos generadores de residuos, o de personal provisto de escobas, palas y carretillas o carritos de mano. El lavado, especialmente de las áreas donde fueron vendidos pescado y carnes, se debe complementar con la aplicación de desinfectantes o desodorantes. Cuando haya un volumen grande de residuos, se pueden utilizar contenedores.

Debe haber también un trabajo de fiscalización del aseo, en el sentido de orientar a los feriantes para que acondicionen sus residuos.

Limpieza del alcantarillado, cloacas y cauces

La limpieza de las alcantarillas puede ser realizada manualmente por uno o dos trabajadores, provistos de palas, picos y ganchos, o mecánicamente por una unidad provista de aspirador, motor y manguera para succionar el agua, llamado eductor.

Se deben limpiar con regularidad todas las alcantarillas, pero dándole la preferencia a:

- sitios con gran afluencia de peatones, donde todavía el servicio de barrido no ha sido establecido;
- áreas expuestas a inundaciones y desbordamientos.

En la limpieza de cloacas, es fundamental la existencia de un catastro que indique su posición.

La limpieza de cauces también debe ser programada pensando en los desbordamientos y en la ausencia de saneamiento, para evitar los malos olores y la proliferación de insectos y alimañas. La limpieza de las márgenes se puede hacer por medio del corte de pasto y la recolección de los residuos sólidos acumulados. El cauce mismo se puede limpiar tanto manualmente, como por medio de una draga o de una retroexcavadora.

Remoción de animales muertos

La remoción de animales muertos de gran tamaño se puede hacer utilizando camiones provistos de carrocería cerrada o no munidos de un guinche.

Es necesario divulgar un canal de contacto con la intendencia o directamente con la limpieza (por ejemplo, un número de teléfono específico) ya que este servicio se presta por demanda puntual.

Pintura de la señalización de las calles

En algunos casos este servicio es prestado por el departamento responsable por la limpieza urbana como complementación de los servicios de barrido.

Además de darle realce a la limpieza del sitio público/calle, la pintura de las calles y los pasos peatonales es útil en la orientación del tránsito automotor y peatonal. La frecuencia adoptada en el plano de mantenimiento, es decir, el retorno regular para repasar la pintura, depende del tipo de material utilizado, como cal y látex y la calidad (aspecto) que se desea darle al sitio.

Recolección de residuos voluminosos y escombros

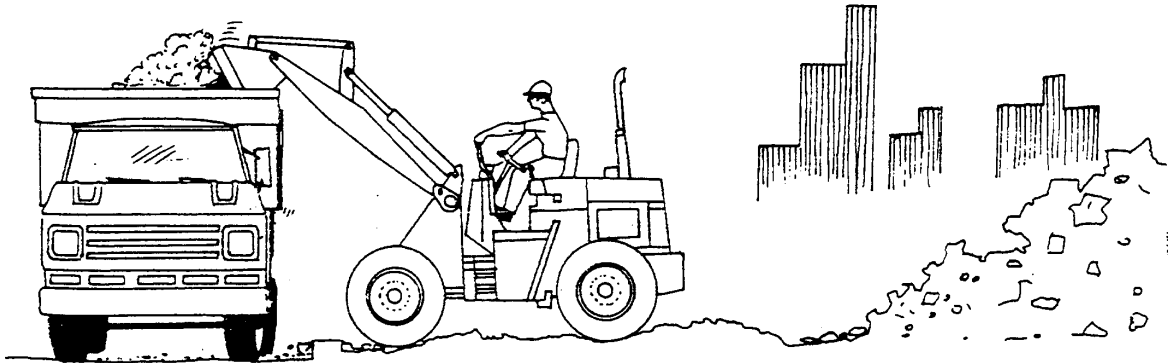
Uno de los problemas que enfrentan a diario las administraciones municipales es la eliminación de montones de residuos de las más distintas naturalezas, que no son removidos por la recolección regular. Esos residuos son tirados clandestinamente en todo tipo de áreas, como terrenos públicos y particulares, carreteras, paseos y áreas verdes, donde favorecen la proliferación de vectores, obstaculizan el tránsito de vehículos y peatones, y deterioran el ambiente y el paisaje urbano.

Las actividades de fiscalización de la limpieza pública es fundamental en la prevención de los vertidos clandestinos. Se debe orientar a la población sobre áreas autorizadas para el descarte de residuos y actuar firmemente con las personas sorprendidas en flagrante.

La recolección de residuos voluminosos es hecha generalmente por camiones basculantes o de carrocería de volteo, asociados o no a palas mecánicas. Dicha recolección puede planificarse de tal modo que se optimice la utilización de los equipos de la intendencia (Figura 20).

El sistema más usual, aunque el de menor racionalidad técnica, es el de recolectar los residuos de acuerdo con reclamos específicos que provengan de diversos puntos de la ciudad.

FIGURA 20
Camión de carrocería asociado a pala mecánica



Otro sistema de recolección de residuos voluminosos es el de operativos permanentes, mediante los cuales la intendencia sectoriza la ciudad y programa la recolección, informando previamente a la población sobre la fecha de la misma.

Este tipo de recolección presenta algunos inconvenientes, como la excesiva demora del retorno a un sector ya atendido, obligando a la población a permanecer con los residuos por largo tiempo, mientras la flota está permanentemente ocupada en la remoción de desechos.

El sistema que tal vez sea más razonable es el que invierte el concepto de recolección realizada por la administración municipal, transfiriendo la responsabilidad al ciudadano. Puede hacerse estableciendo y divulgando en los barrios los «sitios de escombros», a semejanza de los *amenity sites* ingleses o las *décheteries* francesas. Ocupando áreas pequeñas, con preferencia aquellas ya utilizadas para la descarga clandestina, pero cercadas y bajo la coordinación de un empleado, pueden funcionar como áreas de recepción y almacenamiento temporal de residuos traídos por el ciudadano, y no recogidos por los camiones del aseo en su recorrido regular. Esos residuos, posteriormente, serán transferidos a sitios más amplios por la administración municipal, y allí podrán ser reciclados o dispuestos en rellenos sanitarios.

La recolección especial, por parte de la administración mediante la solicitud y pago del servicio está prevista en varios reglamentos municipales. En caso de que haya otras prioridades para la flota, es posible asignar ese servicio a camioneros particulares registrados en la intendencia y debidamente informados sobre las áreas y tipos de residuos permitidos.

Referências

- 1 ACOLETA seletiva de lixo. Inovação Urbana, oct. 1990.
- 2 AMAZONAS, M. Como implantar a coleta seletiva de lixo. Revista FEEMA, n.3, p.38-41, ene./feb. 1992.
- 3 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Caçamba estacionária de 0,8m³, 1,2m³ e 1,6m³ para coleta de resíduos sólidos para coletores compactadores de carregamento traseiro; terminologia : Projeto 05:001.06-037. São Paulo, 1993.
- 4 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Coleta e acondicionamento de resíduos sólidos urbanos; terminologia: NBR 12-980. São Paulo, 1993.
- 5 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Coletor compactador de resíduos sólidos e seus principais componentes; terminologia : Projeto 05:001.06-32. São Paulo, 1993.
- 6 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Resíduos de serviços de saúde; terminologia : NBR 12-807. São Paulo, 1993.
- 7 CAMARA MUNICIPAL DE LOURDES. Departamento de ambiente. Sistema integrado de resíduos sólidos do município de Lourdes, Portugal. Lourdes, 1992. 43 p.
- 8 CAMPOS, H.K.T. et al. Serviços de limpeza urbana: importância e planejamento. Uberaba : Associação Nacional dos Serviços Municipais de Água e Esgoto, 1992 (Curso de Perfeccionamento, nov. 1992).
- 9 ACCIOLY, G.A. et al. Lixo urbano: três estudos sobre coleta e tratamento. 2. ed. Rio de Janeiro: BNDES, 1987. 65 p. (Cuadernos Finsocial, 4).
- 10 CLAUDIO, J.R.. et al. Diretrizes para a destinação final dos resíduos sólidos no município de São Paulo. Diário Oficial do Município de São Paulo, São Paulo, 3 dic. 1992. 56 p.
- 11 CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO URBANO. Limpeza pública. São Paulo: CETESB, 1979. 126 p.
- 12 CURSO sobre gerenciamento de resíduos sólidos. 1990, Goiânia Anais... Goiânia : Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1990. 225 p.
- 13 INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA E APLICADA. Meio ambiente: aspectos técnicos e econômicos. Brasília, 1990.
- 14 LEITE, L.E.M.B.C. Curso de organização e administração de limpeza urbana: versão preliminar. [S.l.: s.n.], 1991. 66 p.
- 15 LIMA, L.M.Q. Processo de tratamento de lixo. Campinas : UNICAMP, 1993. (Anotações de aula do Curso de Pós-Graduação em Saneamento).
- 16 LIMA, L.M.Q. Tratamento de lixo. São Paulo : Hemus, 1985. 240 p.
- 17 MANSUR, G.L., MONTERO, J.H.R.O. O que é preciso saber sobre limpeza urbana. Rio de Janeiro : IBAM/CEPU, 1991. 128 p.
- 18 MARRA, P.R.P. Estação entulho. Santo André : Departamento de Serviços Urbanos da Prefeitura de Santo André, 1991. (Projecto interno).
- 19 METROPOLITAN TORONTO WORKS DEPARTMENT, Solid Waste Management Division. Your guide to waste reduction and recycling in metropolitan Toronto. Toronto, s.f.
- 20 MINISTÉRIO DE AÇÃO SOCIAL. Secretaria Nacional de Saneamento. Programa nacional de limpeza urbana. Brasília, 1990. 53 p.
- 21 MONTEIRO, J.H.P., MANSUR, G.L. Viabilidade econômica dos serviços de limpeza urbana. Belém, 1989. 40 p.
- 22 ORGANIZACION PANAMERICANA DE SALUD. Programa de Salud Ambiental. Guías para el desarrollo del sector de aseo urbano en Latino América y el Caribe. S.l., 1991. 50 p.

- 23 PEREIRA, M.C.S. et al. Transformando e criando os restos: o lixo passado a limpo. Rio de Janeiro: Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro, s.f.
- 24 SANTOS, E.S.A. Planos regionais integrados de limpeza urbana. Santo André: Prefeitura Municipal de Santo André, 1992.
- 25 SANTOS, E.S.A., BEZERRA, C.A.N. Gerenciamento de serviços de coleta de lixo e apropriação de custos. Palmas: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1992. 45 p.
- 26 SCHNEIDER, D.M. Lixo sem demagogia. Jornal Folha ABC, São Paulo, 1 jun. 1992. Cuaderno 07, p.2
- 27 SEWELL, G.H. Administração e controle da qualidade ambiental. São Paulo: E.P.U./CETESB, s.f.
- 28 SISTEMÁTICA de planejamento e controle operacional das atividades de limpeza urbana. En: SIMPÓSIO ÍTALO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 1., 1992, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: ABES, 1992, v.2.
- 29 MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES. Ley Penal del Ambiente y sus Normas Técnicas. Caracas, 1992. 478p.
- 30 REPÚBLICA DE VENEZUELA. Presidencia de la República, Gaceta Oficial No. 4.418. Extraordinario, 27 de abril de 1992
- 31 COMISIÓN INTERINSTITUCIONAL DE RESIDUOS SÓLIDOS HOSPITALARIOS - Instructivo para la Clasificación y el Manejo Intra institucional de Residuos Sólidos Hospitalarios. Uruguay. 1996.



CAPITULO IV

DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS

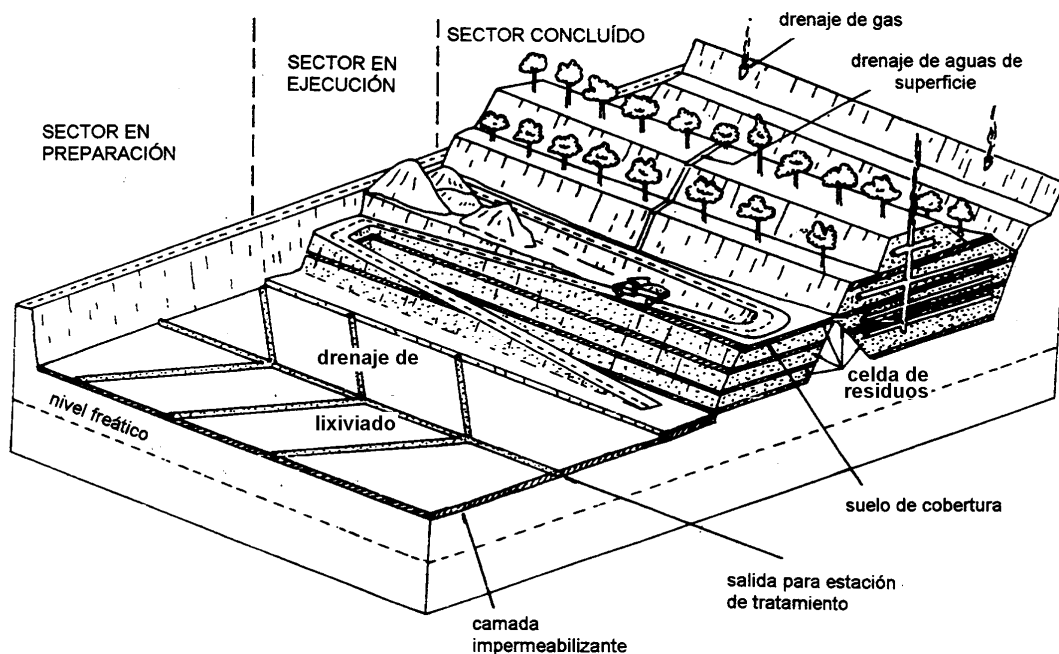
1 Introducción

Este Capítulo presenta orientaciones técnicas para la disposición final de los residuos sólidos urbanos bajo tierra, a través de la técnica del relleno sanitario.

Comienza con las definiciones básicas, pasa por una evaluación del destino de los residuos sólidos urbanos del municipio, y orienta las decisiones administrativas para la solución adecuada del problema.

1.1 ¿Qué es un relleno sanitario?

FIGURA 1
Relleno sanitario²⁶



El relleno sanitario es un proceso utilizado para la disposición de residuos sólidos en la tierra, particularmente residuos sólidos domiciliarios.

El proceso se basa en que "criterios de ingeniería y normas operacionales específicas, permiten su confinamiento seguro en términos de control de contaminación ambiental y protección de la salud pública"¹³.

Es por lo tanto una "forma de disposición final de residuos sólidos urbanos en la tierra, a través de su confinamiento en capas cubiertas con materia inerte, generalmente tierra, según normas operacionales específicas, de modo de evitar daños o riesgos para la salud pública y la seguridad, minimizando los impactos ambientales".³ (Figura 1)

1.2 ¿Qué es un vertedero?

FIGURA 2
Vertedero



Un vertedero es una forma de disposición final de los residuos sólidos, que se caracteriza por la simple descarga (vertido) de los residuos sobre el terreno, sin medidas de protección para el medio ambiente o la salud pública. Es lo mismo que la descarga de residuos a cielo abierto³. (Figura 2)

Los residuos así tratados acarrearán problemas de salud pública, como proliferación de transmisores de enfermedades (moscas, mosquitos, cucarachas, ratas, etc.), generación de malos olores y, principalmente, la contaminación de la tierra y de las aguas superficiales y subterráneas a través del lixiviado (líquido de color oscuro, mal olor y de elevado potencial contaminante, producido por la descomposición de materia orgánica contenida en los residuos sólidos), comprometiendo los recursos hídricos y el suelo.

A esta situación se añade la absoluta falta de control en cuanto a los tipos de residuos recibidos en estos sitios, donde se acumulan inclusive desechos originados por los servicios de salud y las industrias.

Comúnmente se asocian a los vertederos situaciones altamente indeseables, como la cría de cerdos y la existencia de hurgadores (los cuales, muchas veces, son residentes de la localidad).

1.3 ¿ Qué es un relleno controlado ?

Es una técnica de disposición en la tierra de los residuos sólidos urbanos, que no causa daños o riesgos a la salud y a la seguridad de la ciudadanía, y minimiza los impactos ambientales indeseables. Este método utiliza principios de ingeniería para aislar los residuos sólidos, cubriéndolos con una capa de material inerte al concluir cada jornada de trabajo¹.

Esta forma de disposición produce, en general, contaminación localizada, pues de igual modo que en el relleno sanitario, la extensión del área de disposición es minimizada. Sin embargo, generalmente no dispone de impermeabilización de la base (comprometiendo la calidad de las aguas subterráneas), tampoco de sistemas de tratamiento de lixiviado ni de dispersión de los gases generados.

Este método es preferible al vertedero, pero, debido a los problemas ambientales que causa y a sus costos operacionales, es inferior al relleno sanitario.

En el presente Manual, la solución propuesta para la colocación final de los residuos sólidos es el relleno sanitario.

1.4 ¿Cómo es la disposición final de los residuos sólidos en los municipios de América del Sur?

En Brasil, de acuerdo con la Encuesta Nacional de Saneamiento Básico - PNSB - 1989, realizada por el Instituto Brasileiro de Geografía y Estadística - IBGE y editada en 1991, la disposición final de los residuos sólidos en los municipios brasileños se reparte así:

76% en vertederos;

13% en rellenos controlados y 10% en rellenos sanitarios;

1% pasa por tratamiento (compostaje, reciclaje e incineración).

En Venezuela, casi la totalidad de los residuos producidos en las grandes ciudades (Caracas, Mérida, Maracaibo, Carúpano, Puerto La Cruz, Porlamar, y La Guaira) es enterrada en rellenos controlados. Sin embargo, el 80% de los residuos sólidos venezolanos permanecen a cielo abierto, y un porcentaje muy pequeño son separados informalmente para ser reciclados.

En Uruguay, según el Análisis Sectorial de Residuos Sólidos⁵⁶ - OPS - de marzo 1996, casi la totalidad de los departamentos tienen vertederos a cielo abierto. La disposición final en rellenos controlados es del 10%. No hay datos del porcentaje de residuos que no son enterrados debido a las experiencias de clasificación para el reciclaje, las que existen, a nivel departamental, regional, zonal, barrial e informal.

Nota:

Es interesante hacer notar que “relleno sanitario” proviene de la traducción literal del término inglés “sanitary landfill”, el que en portugués corresponde con “aterro sanitário” (lo que para el español sería: entierro sanitario). Algunos autores / traductores, no concuerdan con la utilización del “relleno” como traducción correcta del “landfill”, prefiriendo usar la palabra “vertedero” para la evacuación de residuos sólidos en la tierra, independientemente de la tecnología u operación del sitio⁵⁵.

2 Evaluación de la disposición actual

Para definir el procedimiento más adecuado para la disposición final de los residuos sólidos en el municipio, se debe realizar un inventario o diagnóstico de la situación actual, considerando los aspectos relativos al tipo, origen, y cantidades de residuos sólidos producidos, tratamientos eventualmente existentes y puntos donde esos residuos sólidos son dispuestos.

En caso de que el municipio posea un área de disposición final que pueda ser clasificada como **relleno sanitario**, cumpliendo todas las especificaciones técnicas que usualmente se exigen para esta operativa, los trabajos deberán continuar, manteniéndose la planificación y la operación ya definidas. Por ejemplo estas especificaciones están definidas en la NBR-8419/84, “Presentación de Proyectos de Rellenos Sanitarios de Residuos Sólidos”.

2.1 Evaluación de los principales problemas

Evaluando los problemas más importantes causados por la disposición final de los residuos sólidos, se tiene una jerarquización de las medidas necesarias y la clasificación de las condiciones de la disposición (Figura 3).

FIGURA 3
Ausencia de criterios y de controles en la disposición



Problemas Sanitarios

- fuego;
- humareda;
- mal olor;
- transmisión de enfermedades:
 - macrovectores (perros, gatos, ratones, gaviotas y otros);
 - microvectores (moscas, mosquitos, bacterias, hongos y otros).

Problemas Ambientales

- contaminación del aire;
- contaminación de las aguas:
 - superficiales;
 - subterráneas;
- contaminación del suelo;
- deterioro de la estética/paisaje.

Operacionales

- vías de acceso intransitables en tiempo de lluvia:
 - superficies (rampas, declives, taludes, etc.);
 - pavimentos;
- ausencia de control del área:
 - falta de cercas;
 - falta de vigilancia;
 - presencia de hurgadores;
- ausencia de control de los residuos:
 - inspección;
 - pesaje;
- ausencia de criterios para la colocación de los residuos sólidos en el terreno:
 - frente de trabajo;
 - método de manejo de los residuos.

2.2 Evaluación de las áreas de disposición actualmente existentes

En la evaluación de las áreas de disposición, sea con miras a la continuidad operativa o al cierre del vertedero, los criterios técnicos que necesitan ser verificados son:

- 1) Tamaño del área:
 - área efectiva de disposición
 - evaluación de su vida útil
 - área total disponible
 - restricciones de aprovechamiento

La evaluación de la vida útil del área de disposición debe ser realizada con base en los volúmenes futuros de residuos sólidos que serán dispuestos y de acuerdo con un proyecto geométrico posible para la utilización del área, por lo menos durante 10 años adicionales en áreas ya utilizadas, y 20 años para áreas nuevas. Las situaciones intermedias deben ser tratadas adecuadamente.

- 2) Localización del área:
 - evaluación de las tendencias de ocupación del área;
 - planificación del uso y la ocupación del suelo para el área y sus alrededores;
 - cercanías y distancias con áreas urbanas, industriales y rurales.
- 3) Adaptación ambiental del área:
 - criterios legales;
 - levantamiento de estudios ya realizados;
 - estudio y evaluación de impacto ambiental (EIA);
 - legislación vigente para áreas protegidas.

4) Datos básicos (inventario físico)

Se adjuntan las siguientes definiciones para el mejor entendimiento de los datos que se solicitan:

Edafología, es la ciencia que estudia la naturaleza y condiciones del suelo en sus relaciones con seres vivos, especialmente plantas.

Fisiografía, es la ciencia que estudia las modificaciones de los relieves terrestres.

Geología, es la ciencia que estudia la forma exterior e interior del globo terrestre; la naturaleza de las materias que lo componen y su formación, así como los cambios o alteraciones que éstas han experimentado desde su origen, y su colocación y actual estado.

Hidrogeología, es la parte de la geología que estudia la acción de las aguas sobre el globo terrestre.

Hidrología, parte de las Ciencias Naturales que trata de las aguas.

Pedología, es la ciencia que estudia el suelo y su composición.

Piezometría, es la parte de la hidrología que estudia los métodos para determinar la cantidad de agua existente en un lugar sobre una capa impermeable de un terreno.

Pluviometría, es el arte de medir la cantidad de lluvia caída en una región determinada.

Topografía, es el arte de describir y delinear con detalle la superficie de un terreno poco extenso; o el conjunto de particularidades de un terreno en su configuración superficial.

Plano, es la representación gráfica en una superficie de un terreno o de la planta de un campamento, plaza, etc.

Mapa, es la representación en una superficie plana, de la Tierra o parte de ella.

- mapas (geológico, pedológico, etc.);
- levantamiento topográfico catastral;
- clima:
 - pluviometría;
 - evapotranspiración del agua;
 - temperatura;
 - vientos;
- biota;
- geología/geotecnia/hidrogeología;
- tipos de residuo:
 - origen;
 - clasificaciones;
 - volumen;
- proyección futura de volúmenes y tipos de residuos a ser dispuestos en el sitio;
- estructura de la disposición: drenajes, coberturas, celdas, taludes, operativas, etc.;
- destino de los efluentes, gases, líquidos y lixiviados;
- tratamientos de residuos, líquidos y gases.

5) Condiciones de acceso:

- vías externas:
 - distancia a los centros productores de residuos sólidos;
 - estado de conservación de las calles/carreteras;
 - tráfico local;
- vías internas:
 - estado de conservación de los accesos en cualquier tiempo;
 - sistema de circulación.

6) Operación:

- condiciones de operación:
 - manejo del residuo: descarga, compactación, cobertura;
 - zanjas y celdas especiales;
 - equipos en uso;
 - mezcla de residuos (co-disposición);

- control del área:
 - administración;
 - pesaje;
 - cercas;
 - hurgadores;
 - existencia de animales.

- 7) Recursos disponibles:
 - identificación de los costos de limpieza urbana del municipio:
 - presupuestos;
 - recaudación;
 - otros;
 - recursos humanos:
 - técnicos;
 - operacionales;
 - administrativos;
 - recursos materiales:
 - equipos disponibles (incluyendo unidades sin condiciones de uso): tractor frontal de orugas, camión volcador, retroexcavadora, camión cisterna, otros.

Procedimiento para la evaluación

Para ayudar en la calificación del área de disposición, principalmente para áreas ya en servicio, se puede aplicar un modelo de cuestionario o *check-list* para evaluar los principales problemas que ocurren.

Las preguntas listadas están presentadas en forma de sugerencia y pueden ser adaptadas a las características de cada localidad o municipio.

La evaluación consiste en determinar los aspectos relacionados, y definir un plan de acciones.

La selección de las acciones o la jerarquización de éstas, deberá seguir el criterio del menor costo, menor tiempo y mayores impactos o resultados en la mejora de las condiciones de disposición (sanitarias, ambientales y operativas).

En este sentido, se sugieren como conceptos para las preguntas, si las condiciones halladas son:

- inadecuadas;
- limitadas;
- adecuadas.

La aplicación de los criterios y juicios debe realizarse a través de una consultoría especializada, de competencia e idoneidad reconocidas por el medio técnico.

A partir de un panorama de la disposición de los residuos sólidos del municipio, le corresponde a la administración elegir uno de los casos del flujograma de decisión que se presenta luego.

LISTA DE PARÁMETROS A EVALUAR

IDENTIFICACIÓN DEL SITIO

FECHA

.

NOMBRE DEL EVALUADOR

CARACTERÍSTICAS DEL SITIO

Tamaño total del área utilizable

Tamaño del área de disposición (utilizada actualmente)

Caracterización ambiental (criterios físicos, legales e institucionales)

Adaptación a la geología y geotecnia del área

Adaptación a la hidrogeología del área

Distancia del sitio a las áreas urbanas (incomodidades a los vecinos)

Estudios de impacto ambiental

Legislación referente al área

Aspecto visual (estética)

Registro de los residuos dispuestos hasta el presente

Volúmenes

Tipos

Localización según cada tipo de residuo

Existencia de área que suministra tierra para el relleno

Distancia de transporte

Calidad del material de cobertura

Disponibilidad de volumen suficiente de material de cobertura (potencial)

Condiciones de permeabilidad de los suelos de base

Condiciones de tráfico del sistema vial hasta el sitio

Distancia media de transporte de los residuos sólidos

CARACTERÍSTICAS OPERACIONALES Y DE CONTROL

Existencia del proyecto y satisfacción de las especificaciones técnicas

Operación de disposición (manejo de los residuos)

Equipos para el control de la operación

Pesaje de los residuos sólidos recibidos

Registro de los residuos sólidos recibidos (domiciliario/hospitalario/industrial/otros)

Equipos para el manejo de los residuos (tractor frontal, camión, retroexcavadora, etc.) ..

Equipos para obras en general

Condiciones del sistema vial dentro del área

Accesibilidad en cualquier tiempo

Sistema de circulación

Condiciones del frente de trabajo

Fiscalización de la descarga de los residuos

Dimensiones del frente de trabajo

Control de compactación de los residuos sólidos

Existencia de hurgadores

LISTA DE PARÁMETROS A EVALUAR (cont.)**CARACTERÍSTICAS OPERACIONALES Y DE CONTROL (cont.)**

Operación de cobertura de las celdas .....	.....
Sistema de ejecución .....	.....
Periodicidad de cobertura .....	.....
operacional .....	.....
definitiva .....	.....
Existencia de drenaje de aguas superficiales .....	.....
Existencia de drenaje de aguas subterráneas .....	.....
Existencia de drenaje de lixiviado .....	.....
Colectores del lixiviado .....	.....
Operación del sistema de tratamiento del lixiviado .....	.....
Condiciones de permeabilidad del suelo base .....	.....
Existencia de drenaje de gases .....	.....
Colectores de gases .....	.....
Operación del sistema de tratamiento de gases (biogas) .....	.....
Monitoreo geotécnico/ambiental .....	.....
Pluviometría .....	.....
Control de derrames .....	.....
Piezometría .....	.....
Deformabilidad del macizo .....	.....
Control de calidad de los efluentes .....	.....
líquidos .....	.....
gaseosos .....	.....
Control de filtración del lixiviado .....	.....
Control de migración de gases .....	.....
Control de calidad de aguas subterráneas .....	.....
Control de propagación de transmisores de enfermedades y sustancias químicas .....	.....
Seguridad del área .....	.....
Cercas y defensas .....	.....
Vigilancia .....	.....
Comunicaciones .....	.....
Gerencia administrativa .....	.....

CARACTERÍSTICAS GENERALES ACTUALES

Existencia de fuegos y humos .....	.....
Malos olores y gases .....	.....
Transmisores de enfermedades .....	.....
Mantenimiento del sistema de drenaje de aguas superficiales .....	.....
Mantenimiento del sistema de drenaje de aguas subterráneas .....	.....
Mantenimiento del sistema de drenaje de lixiviado .....	.....
Mantenimiento del sistema de drenaje de gases .....	.....
Mantenimiento y evaluación del sistema de monitoreo geotécnico/ambiental .....	.....
Mantenimiento del sistema vial interno .....	.....
Recursos financieros para la limpieza pública del municipio .....	.....
Recursos humanos .....	.....

2.3 Obtención de recursos

Debe tenerse en cuenta que todas las alternativas exigirán la obtención de recursos, tanto para las inversiones en estudios preliminares e instalaciones, como para el mantenimiento de las condiciones proyectadas de operación. En este sentido, se presenta a continuación una secuencia para la organización financiera/presupuestaria que puede servir para ayudar en el proceso de toma de decisiones, en función de las posibilidades técnicas existentes y de los recursos disponibles.

Inversiones:

- diagnóstico, inventario y estudios preliminares;
- proyectos;
- instalaciones y obras de infraestructura;
- equipos;
- recursos humanos.

Operación:

- monitoreo;
- tratamientos;
- operación y control;
- mantenimiento;
- instalaciones auxiliares.

Cierre o conclusión de la operación:

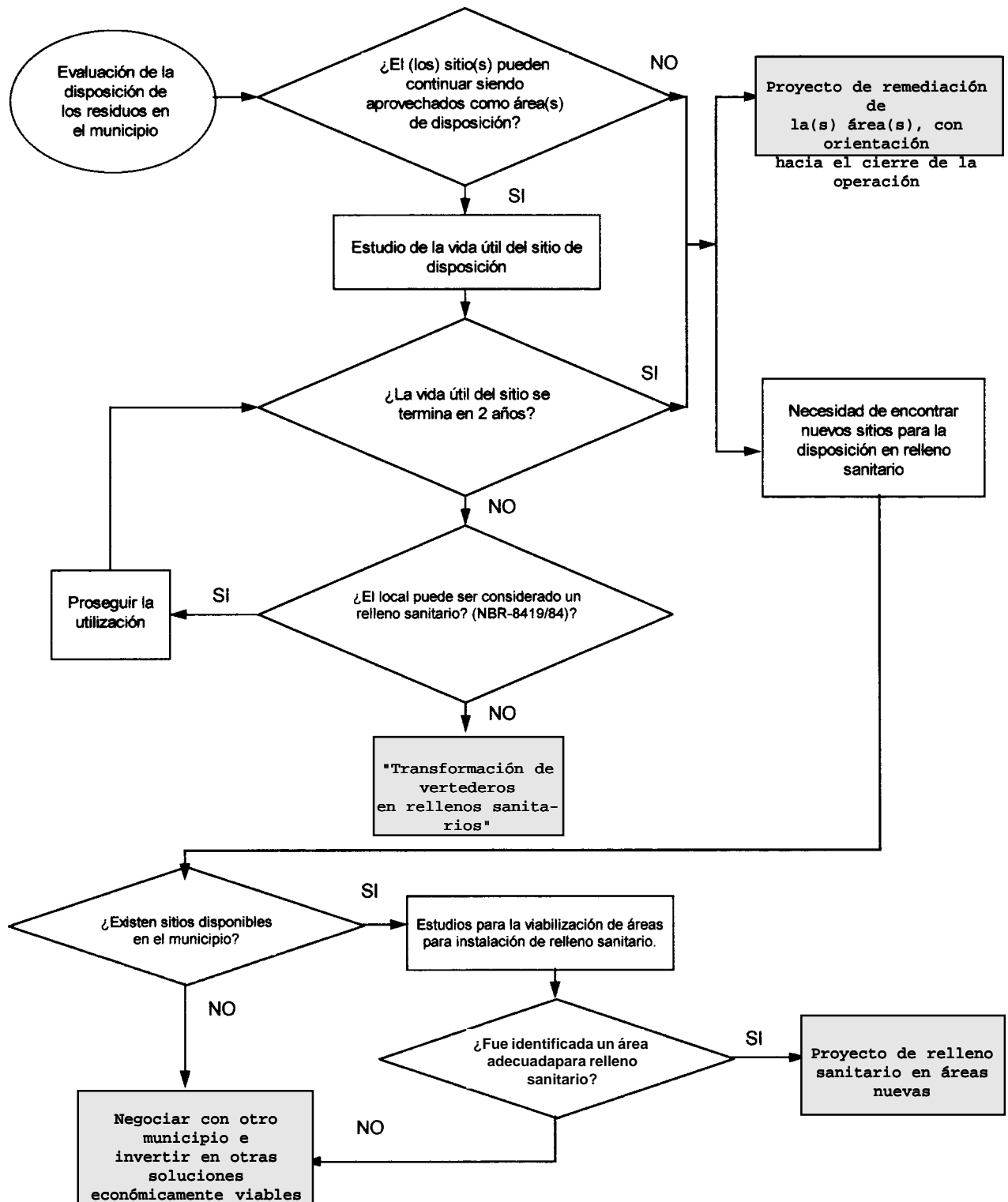
- trabajos de cierre;
- monitoreo;
- mantenimiento.

3 Decisión sobre la disposición final de los residuos sólidos urbanos del municipio

A continuación se presenta el diagrama de las decisiones, para que cada municipio evalúe su situación y encuentre la vía para llegar al relleno sanitario.

DIAGRAMA DE DECISIONES

Flujograma de decisiones sobre la disposición de los residuos sólidos en el Municipio



Son cuatro las posibles alternativas de salida del diagrama, y las mismas se constituyen, en el presente Capítulo, en puntos analizados de forma individualizada e independiente. Se definen a continuación:

Remediación del vertedero

Comprende el proceso que procura reducir, al máximo posible, los impactos negativos causados por la disposición inadecuada de los residuos sólidos urbanos a cielo abierto, considerándose la decisión de terminar la operación en el sitio (Punto 5 de este Capítulo).

Transformación del vertedero en relleno sanitario

Alternativa más avanzada que la anterior, tratándose de proceso que posibilita la recuperación gradual del área degradada por los residuos sólidos, siempre que haya espacio suficiente para disponer allí los residuos sólidos durante un largo tiempo (Punto 4 de este Capítulo).

Estudio de viabilidad de áreas para instalar en ellas un relleno sanitario

Comprenden una secuencia de actividades para la identificación y el análisis de aptitud de áreas para la instalación rellenos sanitarios (Punto 6 de este Capítulo).

Proyecto de relleno sanitario en áreas nuevas

Se refiere al conjunto de criterios, datos y elementos que deben ser considerados en la concepción de la instalación de un relleno sanitario (Punto 7 de este Capítulo).

4 Transformación de un vertedero en relleno sanitario

4.1 Directrices técnicas

Después del diagnóstico del sitio y de la identificación de los problemas existentes, se presenta la necesidad de realizar Proyectos Técnicos para tomar las providencias del caso. El nivel de detalle de estos proyectos depende del tamaño de la ciudad o de la cantidad de residuos que se deben depositar.

Como ya se dijo anteriormente, el orden de prioridad en la solución de los problemas debe ser el siguiente:

- **Problemas sanitarios** - aquéllos que afectan directamente la salud pública.
- **Problemas ambientales** - aquéllos que afectan directamente el ambiente e indirectamente la salud pública.
- **Problemas operacionales** - aquéllos que se consideran como actividades inadecuadas de operación en la disposición de los residuos sólidos, que pueden afectar los aspectos sanitarios y ambientales a lo largo del tiempo, además de ocasionar gastos elevados.

No se puede dejar de considerar que las acciones programadas y detalladas a continuación, deben estar de acuerdo con la concepción del proyecto del relleno sanitario, la cual deberá ser definida a priori.

4.2 Problemas sanitarios

Es importante que este factor sea el primero en ser considerado, ya que se deben evitar, por encima de todo, los problemas de salud pública.

Las acciones necesarias para tal fin pueden formularse de este modo:

a) Movimiento y conformación de la masa de residuos sólidos:

- regularización mecánica de acuerdo con el proyecto.

b) Eliminar el fuego y el humo:

- cobertura de los residuos sólidos:
 - material de cobertura (tierra y/o residuos sólidos viejos).

Nota: *habiendo faltante de tierra, en una primera instancia se pueden utilizar los residuos más viejos (más degradados) provenientes de las operaciones descritas a continuación. El material más adecuado es tierra de un área proveedora que debe estar especificada en el proyecto.*

c) Delimitación del área (residuos sólidos / no-residuos sólidos):

- elección del frente de trabajo;
- ejecución de trincheras;

Alrededor de todos los residuos sólidos deberá trazarse una zanja en el contacto residuos sólidos-tierra, con excepción del frente de trabajo (Figura 4).

- tendido de cercas y defensas alrededor del área total del terreno.

Todo alrededor del terreno del relleno sanitario deberá instalarse cerca de protección impidiendo la entrada de animales y personas ajenas al servicio.

Cerca de las áreas de operación se deberán instalar defensas (p.ej.: árboles) para impedir el arrastre de los residuos sólidos por la acción del viento.

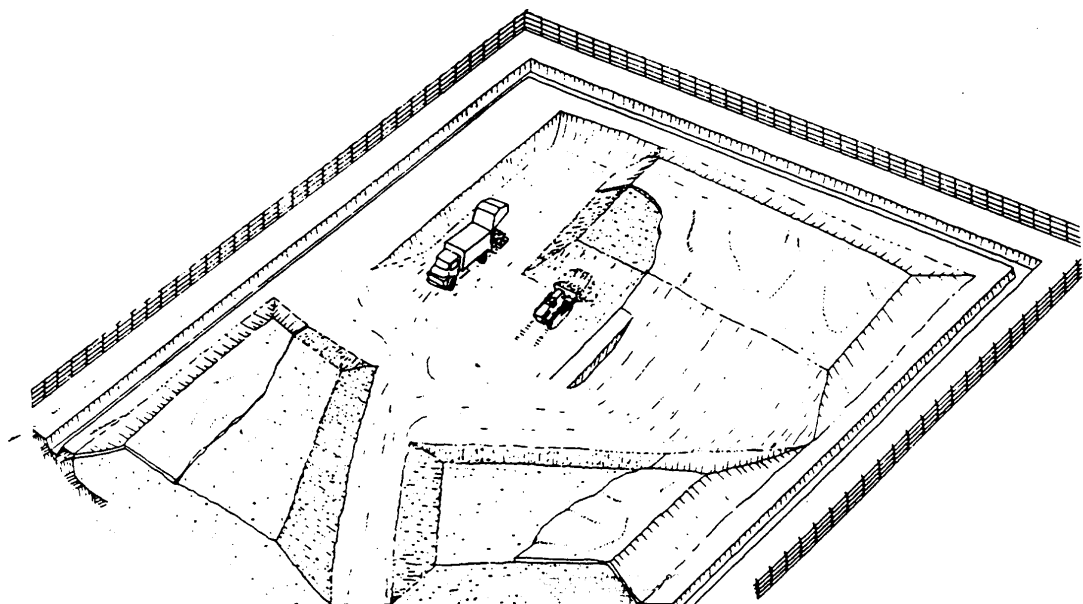
d) Limpieza del área general:

- centralizar los residuos sólidos.

El espacio que no está siendo utilizado para disponer los residuos sólidos debe estar limpio, trasladando los residuos eventualmente existentes al área principal de operación.

FIGURA 4

Ejecución de un relleno sanitario con criterios y control de disposición de los residuos sólidos, de conformidad con lo proyectado



4.3 Problemas ambientales

En el proceso de consolidación del relleno sanitario el aspecto ambiental exige:

a) Drenaje superficial:

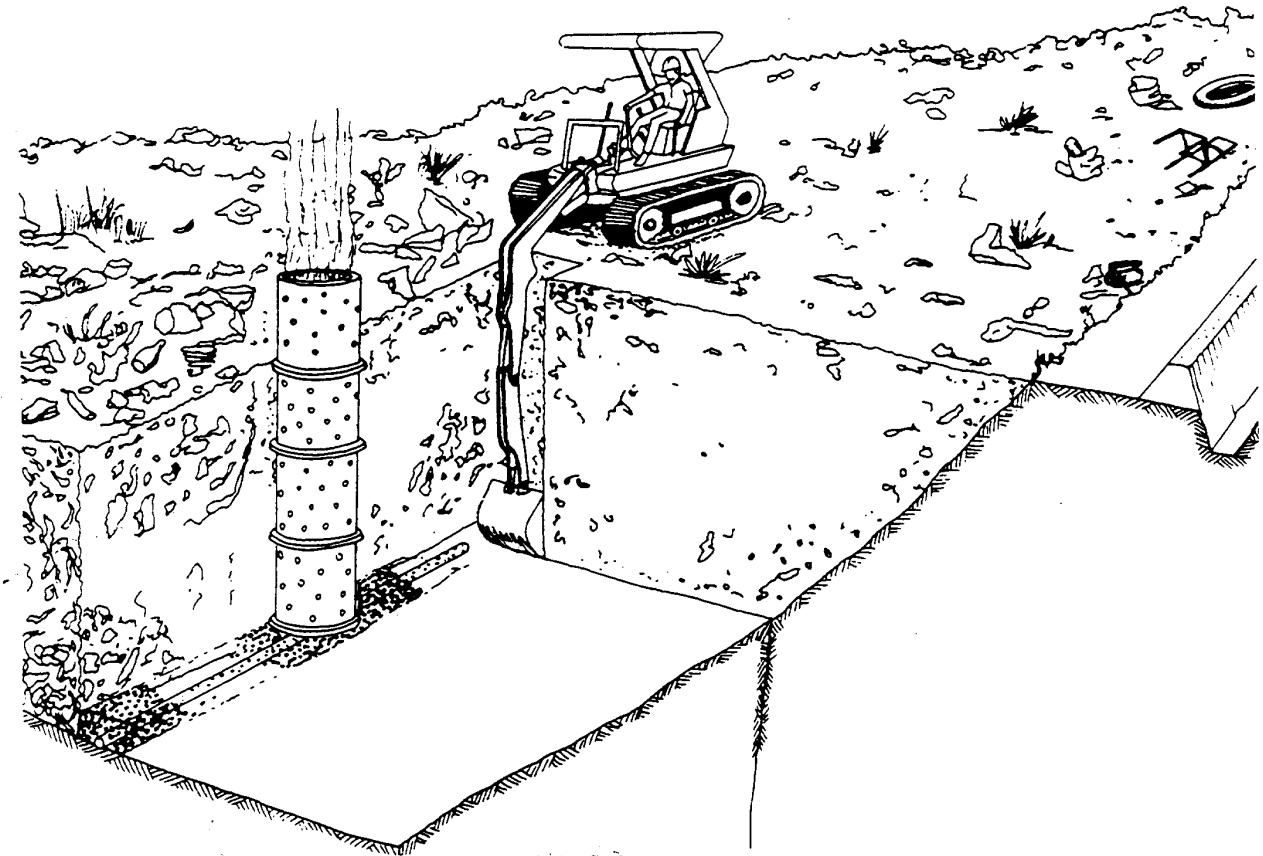
- aislar el área de contribución de aguas superficiales del relleno:
 - diques;
 - canales de desagüe;
 - tuberías;
- separar las aguas percoladas por el relleno (lixiviado) de las aguas superficiales;
- realizar drenajes para aguas pluviales en las áreas cubiertas del vertedero/relleno sanitario.

b) Drenaje de gases y lixiviado en la masa de los residuos sólidos:

- abertura de zanjas e instalación de drenajes.

Por medio de un equipo adecuado (retroexcavadora), deberán abrirse zanjas en la masa de los residuos sólidos para la instalación de un sistema de drenaje de lixiviado y gases. Se recomienda el estudio de la posibilidad de recuperar el biogas o la quema del mismo (Figura 5).

FIGURA 5
Abertura de zanjas e instalación de drenajes de efluentes líquidos y gaseosos de la masa de residuos sólidos



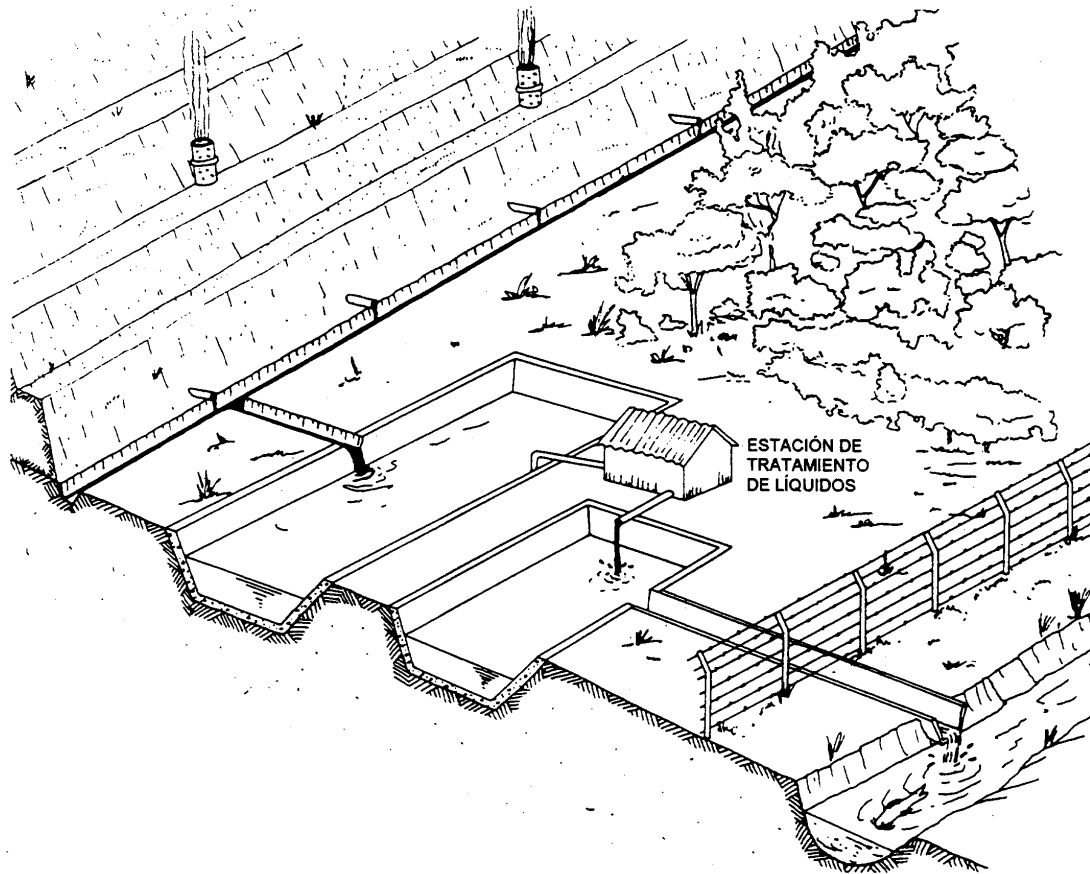
c) Recolección de lixiviado:

- ejecución del sistema de recolección del lixiviado;
- ejecución de una pileta depósito para el lixiviado;
- ejecución de un sistema de tratamiento del lixiviado.

Todos los drenajes de los líquidos percolados deben ser dirigidos a un tanque o a una

pileta para el inicio a las operaciones de tratamiento (Figura 6). El volumen y las características de la misma se deberán definir en el proyecto, al igual que el tipo de tratamiento del lixiviado (Punto 7 de este Capítulo).

FIGURA 6
Recolección y tratamiento de los efluentes líquidos percolados (lixiviado)



d) Arborización en torno del área (cinturón verde):

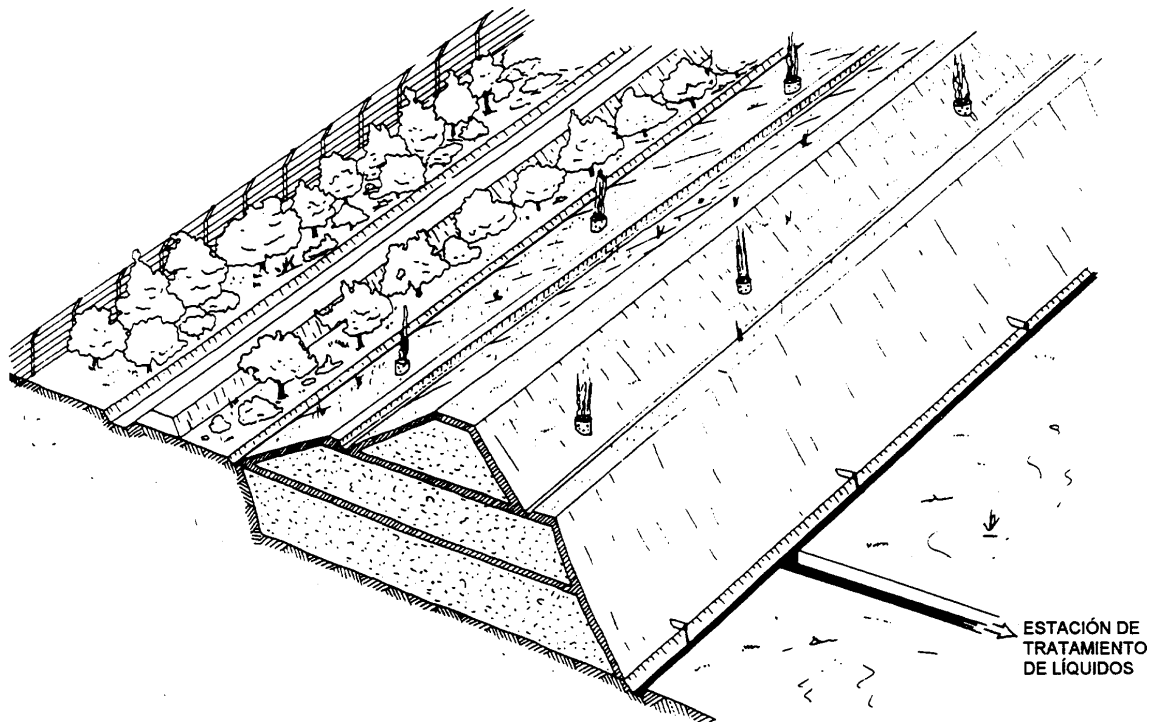
- plantar y preservar árboles nativos de alto y mediano porte (Figura 7).

e) Cuidados para evitar la contaminación de las aguas subterráneas:

- revestimiento de la base del relleno (capa impermeabilizante).

Las condiciones geológico-geotécnicas e hidrogeológicas deben ser convenientes para la implantación del relleno sanitario, debiéndose implementar acciones para impermeabilizar la base del área en la medida de que las condiciones sean desfavorables (suelo muy permeable). Por tal motivo, en la concepción de una capa impermeabilizante se deben prever, a nivel de proyecto, los sitios y los materiales disponibles. En caso de condiciones propensas a la contaminación, el proyecto debe contemplar la remoción de los residuos sólidos viejos (vertedero) para realizar impermeabilización, dentro de criterios técnicos y económicos viables.

FIGURA 7
Arborización alrededor del área de disposición de los residuos sólidos, formación de un "cinturón verde"



4.4 Problemas operacionales

Estos aspectos están directamente relacionados con el manejo de los residuos sólidos, o sea, con las formas y condiciones de operación para disponer los residuos sólidos en el relleno sanitario en formación. Se pueden caracterizar tres condiciones de vertederos posibles, a saber:

- área con residuos sólidos antiguos (ya dispuestos) y áreas contiguas «vírgenes» para utilización, dentro del terreno asignado para el relleno;
- terreno totalmente ocupado en superficie por los residuos;
- diversas áreas con residuos sólidos antiguos, con posibilidad de utilizar nuevas áreas «vírgenes» dentro del terreno asignado.

La directriz a ser adoptada, en cualquiera de los casos, es la de continuar recibiendo residuos sólidos en una parte definida del área o sub-área donde ya hay residuos sólidos, y preparar la restante, «virgen» o con residuos sólidos viejos, para recibir residuos sólidos «nuevos» con criterios de relleno sanitario. Luego de preparar un espacio suficiente para dar inicio a la operación del relleno sanitario, la(s) área(s) con residuos sólidos viejos deberán ser tratadas según los criterios técnicos que se usan para rellenos sanitarios.

Al mismo tiempo que se define la manera de operación del área, se debe planificar la mejora de las vías internas de acceso, propiciando el tránsito de vehículos en cualquier tiempo.

Los aspectos que se deben considerar son el pavimento y el trazado de las vías.

El control del área exige el tendido de cercas, impidiendo la entrada de personas y animales, y evitando la presencia de hurgadores, inclusive con la ubicación de un sistema

de vigilancia. La participación de profesionales vinculados a la Asistencia Social ayuda en la solución de los problemas de los hurgadores a nivel de emergencia (ver Capítulo V, Parte 1).

El control de recepción de los residuos debe ser organizado a través de la institucionalización de declaración del tipo de residuo, aprobado por la intendencia, y de inspección de campo durante la descarga.

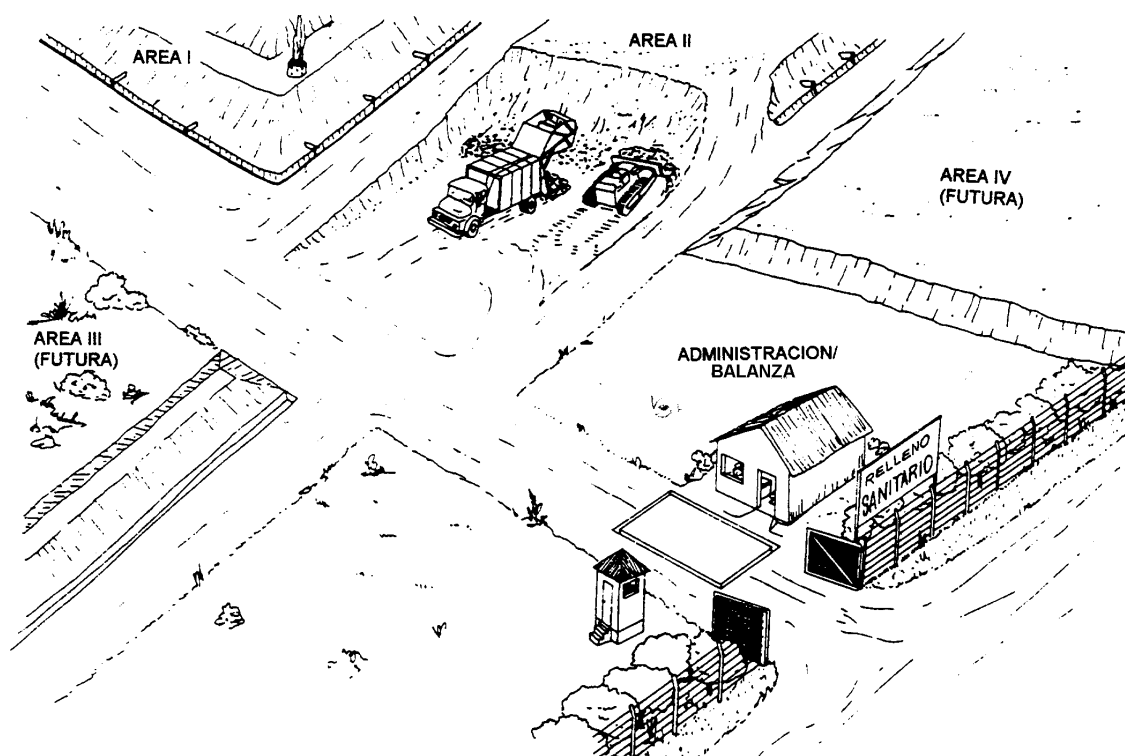
El frente de trabajo en el área de descarga debe ser el mínimo posible, y diariamente debe recibir una cobertura fina de tierra. El método de manejo deberá ser definido en el proyecto, en función del área del relleno, de los equipos disponibles y del volumen diario de los residuos.

El control de la disposición debe ser implementado a través de la instalación de una balanza para camiones en la entrada del relleno.

La Figura 8 presenta los aspectos operativos de un relleno sanitario, realizado de conformidad con el proyecto.

FIGURA 8

Aspectos operativos de un relleno sanitario, tomando en cuenta el área disponible, la recepción de los residuos y las inspecciones, el manejo adecuado y la cobertura diaria



4.5 Elaboración del proyecto

Para lograr la consecución de los objetivos anteriores es necesaria la ejecución de proyectos técnicos, en los cuales los criterios establecidos para el aprovechamiento de la superficie del vertedero como futuro relleno sanitario queden bien definidos. En el Punto 7 de este Capítulo, se presenta el proyecto de relleno sanitario en áreas nuevas, lo cual es parecido a lo que se plantea en este punto, pero con algunas variantes técnicas y operativas.

Se procede, pues, a la elaboración del proyecto, tomando en consideración las etapas siguientes:

- remediación del vertedero de residuos sólidos;
- transformar el vertedero en relleno sanitario;

- operación del relleno sanitario;
- cierre del relleno sanitario.

Estas etapas del proyecto siguen la secuencia natural de implementación de las obras en el sitio de disposición de los residuos, de acuerdo con una mejor relación en los beneficios sanitarios, ambientales y de inversión.

Las normas técnicas brasileras pueden ser consideradas como especificaciones (NBR-8419/84), así como todos los datos básicos del área y del municipio.

Nuevamente observe el Punto 7 de este Capítulo, que orienta sobre las posibles concepciones del proyecto que podrán ser adoptadas.

4.6 Remediación del vertedero

En esta fase, la descripción de las actividades está orientada hacia la acción a nivel de emergencia, paralelo al desarrollo del proyecto, buscando compatibilizar estas medidas con las futuras y transformar el sitio en un relleno sanitario.

Considerándose esta área en proceso de degradación, luego de evaluar los mayores problemas hallados y de priorizar las soluciones posibles, se escogen las acciones de remediación más efectivas para minimizar los impactos sanitarios y ambientales.

Una secuencia considerada natural en esta fase del proyecto sería:

a) Disciplinar y regularizar los residuos sólidos en el área:

- conformación de las primeras celdas de residuos sólidos;
- delimitación del área de operación;
- cobertura de las celdas de residuos sólidos.

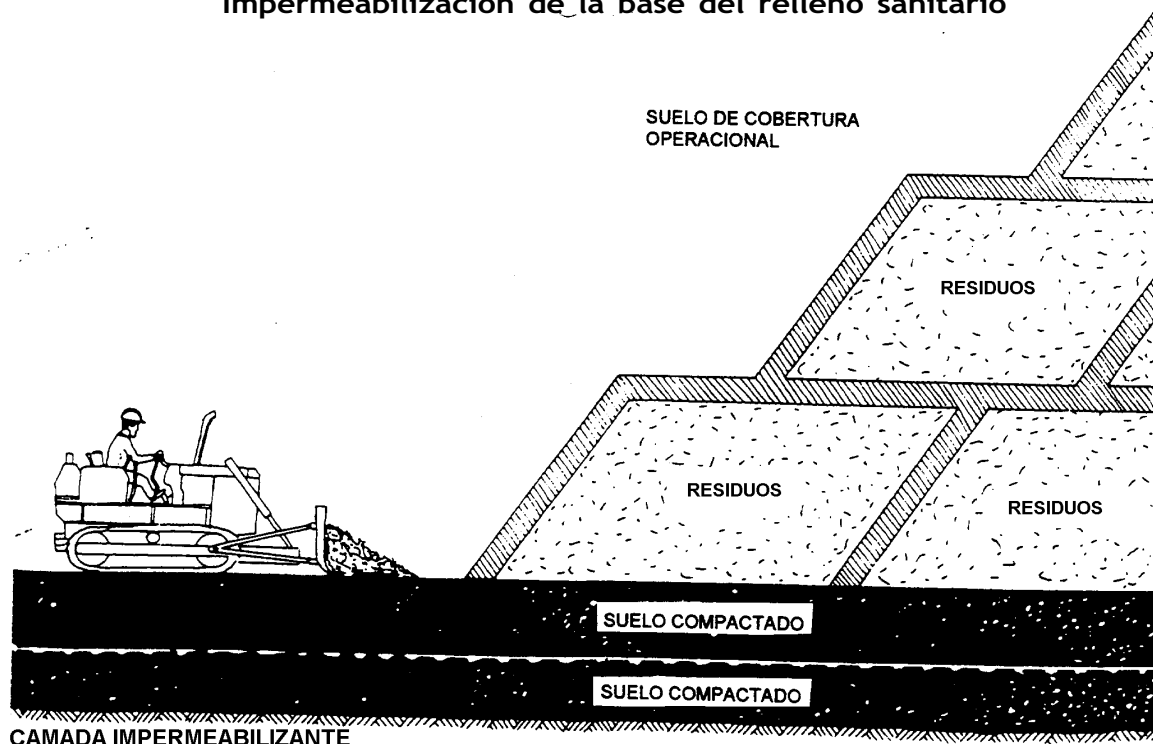
b) Drenaje:

- drenaje de las aguas superficiales;
- disposición de los gases y lixiviados.

c) Tratamiento de la base:

- impermeabilización de la base del relleno sanitario (Figura 9).

FIGURA 9
Impermeabilización de la base del relleno sanitario



La protección de la base del relleno debe ser definida en función de la situación hidrogeológica y de la permeabilidad de los suelos naturales de la localidad, así como de los recursos involucrados. Por tanto, se podrían definir sistemas de impermeabilización de la base en función de los materiales disponibles en la región.

Una posibilidad es la remoción de parte del vertedero para realizar labores de impermeabilización de la base, sin dejar mientras tanto de recibir los residuos sólidos, hasta que sean creadas condiciones de operación normal en situación de relleno sanitario.

Otra alternativa es la preparación de un nuevo sitio dentro del terreno con las medidas de protección ya definidas, y luego del inicio de la operación, recuperar las áreas no protegidas y degradadas.

Estas hipótesis dependerán del análisis de datos de la situación de los residuos sólidos encontrados en el municipio.

4.7 Transformación en relleno sanitario

A partir de la preparación del sitio, de acuerdo con los lineamientos del proyecto de remediación del vertedero, es deseable que se detalle el proyecto del relleno sanitario, propiamente dicho, que constará de:

- proyecto de infraestructura de acceso y circulación (Figura 10);
- proyecto geométrico de conformación de las celdas de residuos sólidos con sus respectivos sistemas de drenaje de gases, percolados y aguas superficiales;
- proyecto de explotación de canteras de suelo para material de cobertura;
- proyecto de operación diaria / mensual del relleno sanitario, definiéndose coberturas temporarias y definitivas en las celdas terminadas (Figura 11-A,B, y C);
- definición del tratamiento superficial de la cobertura del relleno, adecuándolo al destino final del área;
- proyecto de piletas de almacenamiento de percolados y del tratamiento del lixiviado asociados.

FIGURA 10
Infraestructura de acceso y circulación, de acuerdo con el proyecto

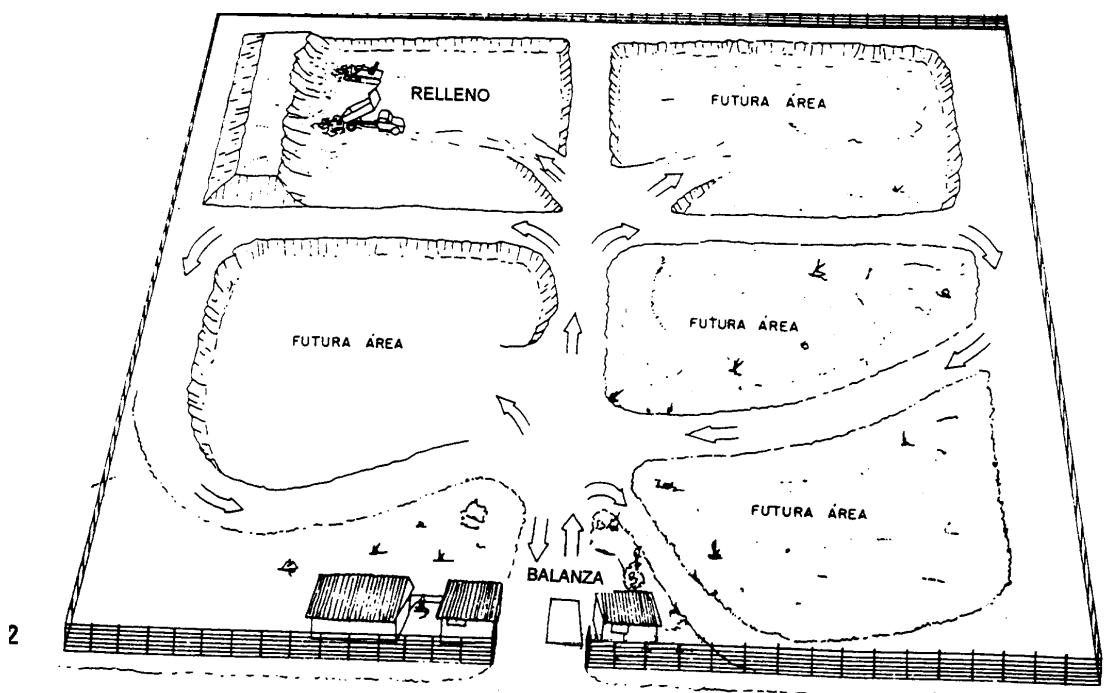
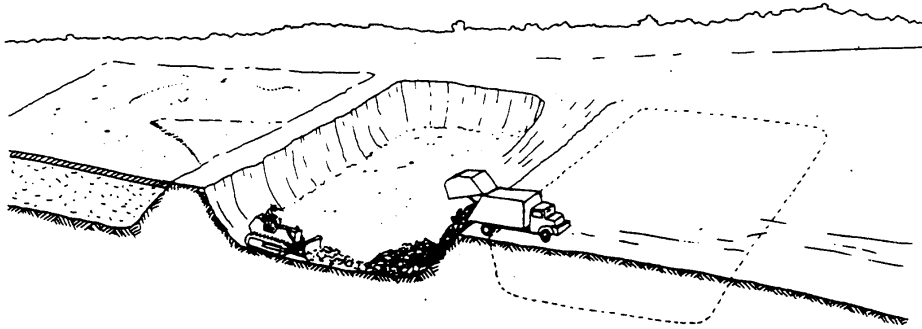
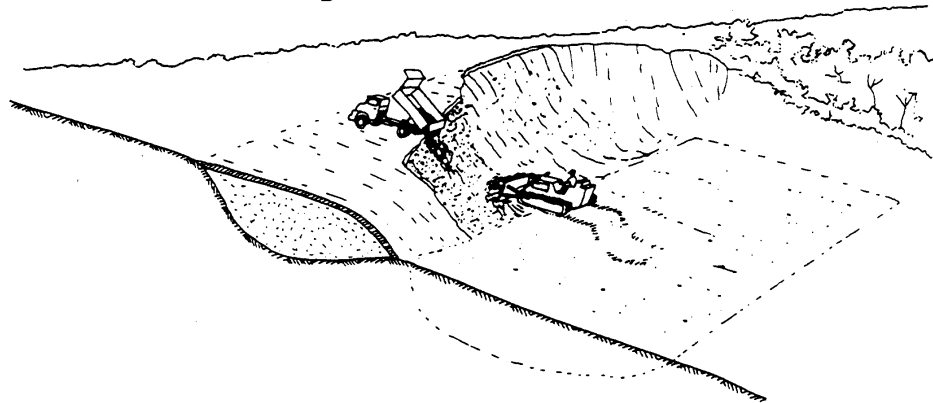


FIGURA 11
Métodos operacionales

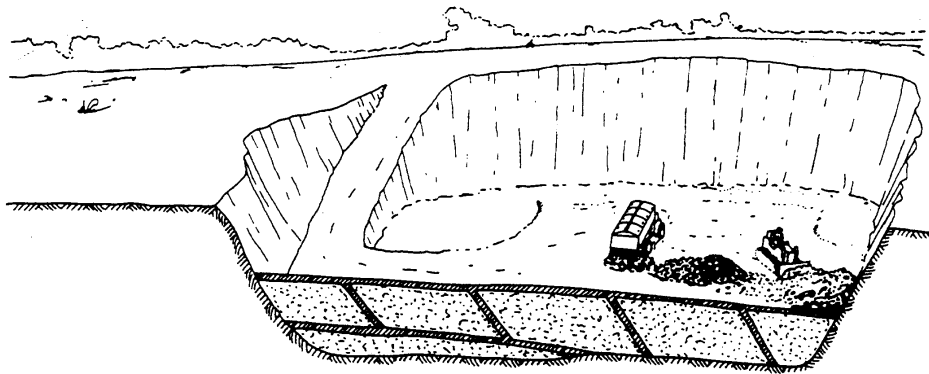
A – Método de trinchera



B – Método de rampa

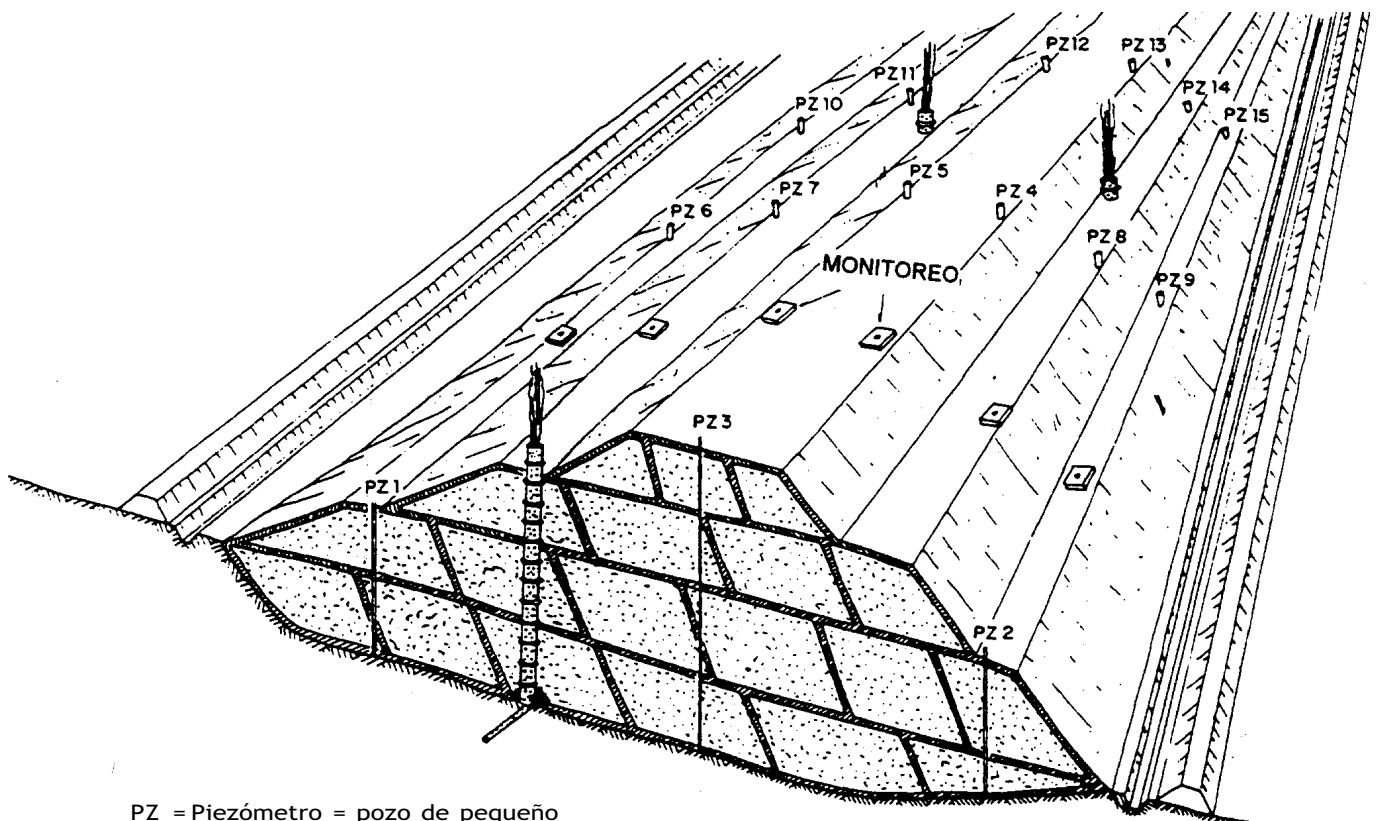


C – Método de área



- proyecto de recuperación y/o quema de gases y biogas;
- proyecto de monitoreo geotécnico y ambiental (Figura 12):
 - piezometría;
 - pozos de monitoreo;
 - inclinómetro;
 - marcos superficiales;
 - control de descarga;
- proyecto de obras complementarias:
 - edificaciones;
 - balanza;
 - cercas y defensas;
 - garitas de vigilancia.

FIGURA 12
**Monitoreo del comportamiento de la masa del relleno sanitario,
 de conformidad con el proyecto**



PZ = Piezómetro = pozo de pequeño diámetro utilizado para medir la profundidad del nivel del agua subterránea.

4.8 Procedimientos de operación del relleno sanitario

Los procedimientos de operación deben seguir una secuencia lógica que se inicia con la recepción de los residuos sólidos y finaliza con el medio de transporte, en el caso del camión de los residuos sólidos, partiendo del relleno sanitario.

La recepción se debe realizar en la entrada del relleno sanitario, luego que el camión recolector pasa por la portería (seguridad o vigilancia del relleno).

El camión debe ser pesado en una balanza, ubicada luego de la portería, antes y después de la descarga, para que se tenga control del volumen diario/mensual que va a ser dispuesto en el relleno sanitario.

El camión debe ser inspeccionado por personal debidamente entrenado para clasificar y calificar el residuo, indicándole la zona donde deberá realizar la descarga, de acuerdo con la zonificación del relleno sanitario, en función de las características de los residuos.

Otro aspecto que debe ser contemplado, en esta fase operacional, es la optimización de los recursos humanos, materiales y financieros existentes - esto también se debe prever en el proyecto - de forma que se garantice su operatividad dentro de los criterios previstos por esta técnica.

También deberá considerarse cual será la forma de utilización de estos recursos, que puede ser por administración directa, con inversiones para adquirir los equipos y formar personal técnico, o tercerización de los servicios con formación de una operativa y fiscalización (Figura 13).

El residuo también debe ser inspeccionado en el punto de descarga y depositado en el frente de trabajo actual, que debe ser lo más pequeño posible y de acuerdo con el método

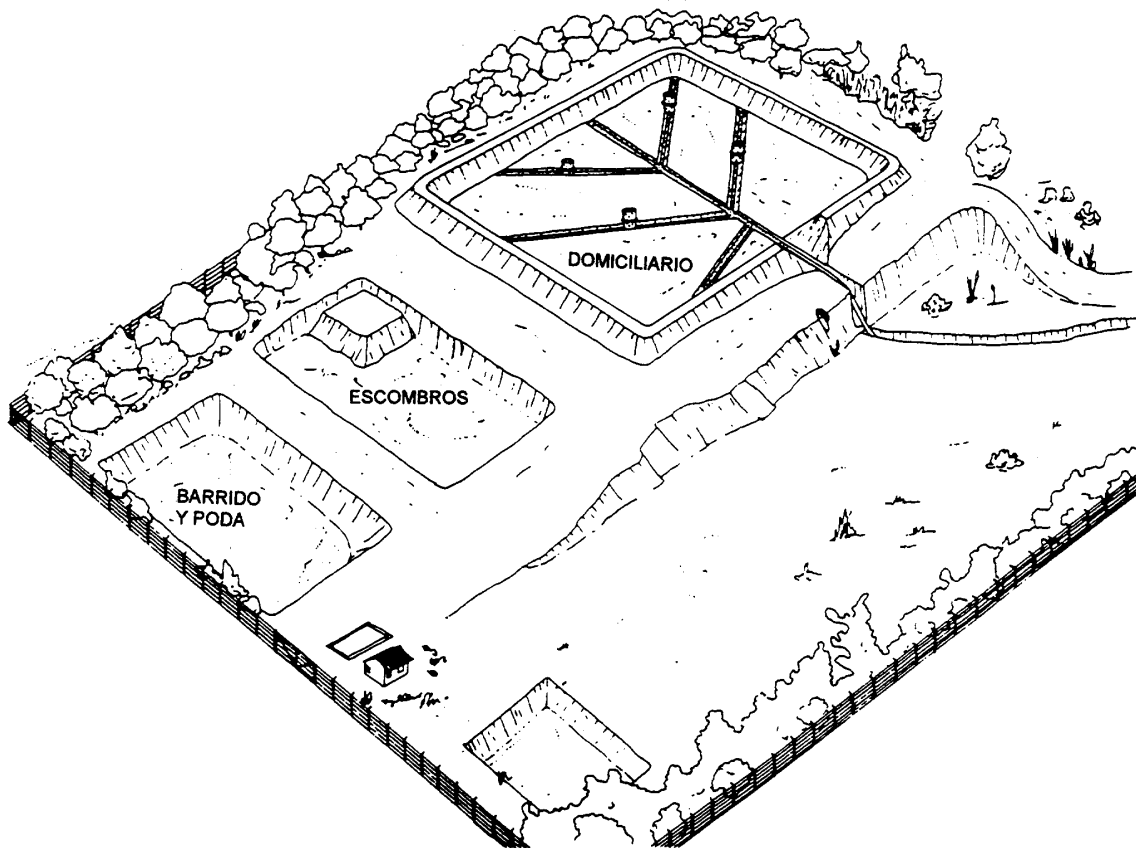
operativo utilizado. En seguida debe ser nivelado y compactado por un equipo específico para ese trabajo (por ejemplo, un cargador frontal), y luego de que se haya terminado la celda y/o finalizado el día de trabajo, la celda será cubierta con tierra.

Esa tierra puede ser material de un área proveedora, o material excavado en la ejecución de las trincheras o rampas, dependiendo del método operacional utilizado en el manejo de los residuos sólidos.

La ejecución y el mantenimiento de las obras complementarias (sistema de drenaje, accesos y otros), deben realizarse de conformidad con el proyecto concebido para la recuperación del vertedero y la operación del relleno sanitario.

La lectura de los instrumentos que componen el monitoreo deberá ser realizada con la periodicidad definida en el proyecto y los datos procesados, para poder tener permanentemente bajo control el comportamiento del relleno sanitario.

FIGURA 13
Zonificación de las áreas de disposición de los residuos,
de acuerdo con sus características



4.9 Cuidados durante la operación del relleno sanitario

Las condiciones de mantenimiento de las características del sitio como relleno sanitario requieren estricta obediencia a las especificaciones técnicas del proyecto y la debida adecuación, inclusive en situaciones imprevistas o de mantenimiento esporádicos. En efecto, pueden presentarse situaciones que demanden decisiones inmediatas (emergencias), tales como:

- deslizamiento de la masa de residuos sólidos;
- ineficacia del drenaje de percolado, que puede causar afloramiento de residuos líquidos en las cunetas y/o los taludes de la masa de residuos sólidos e infiltraciones en el nivel freático;

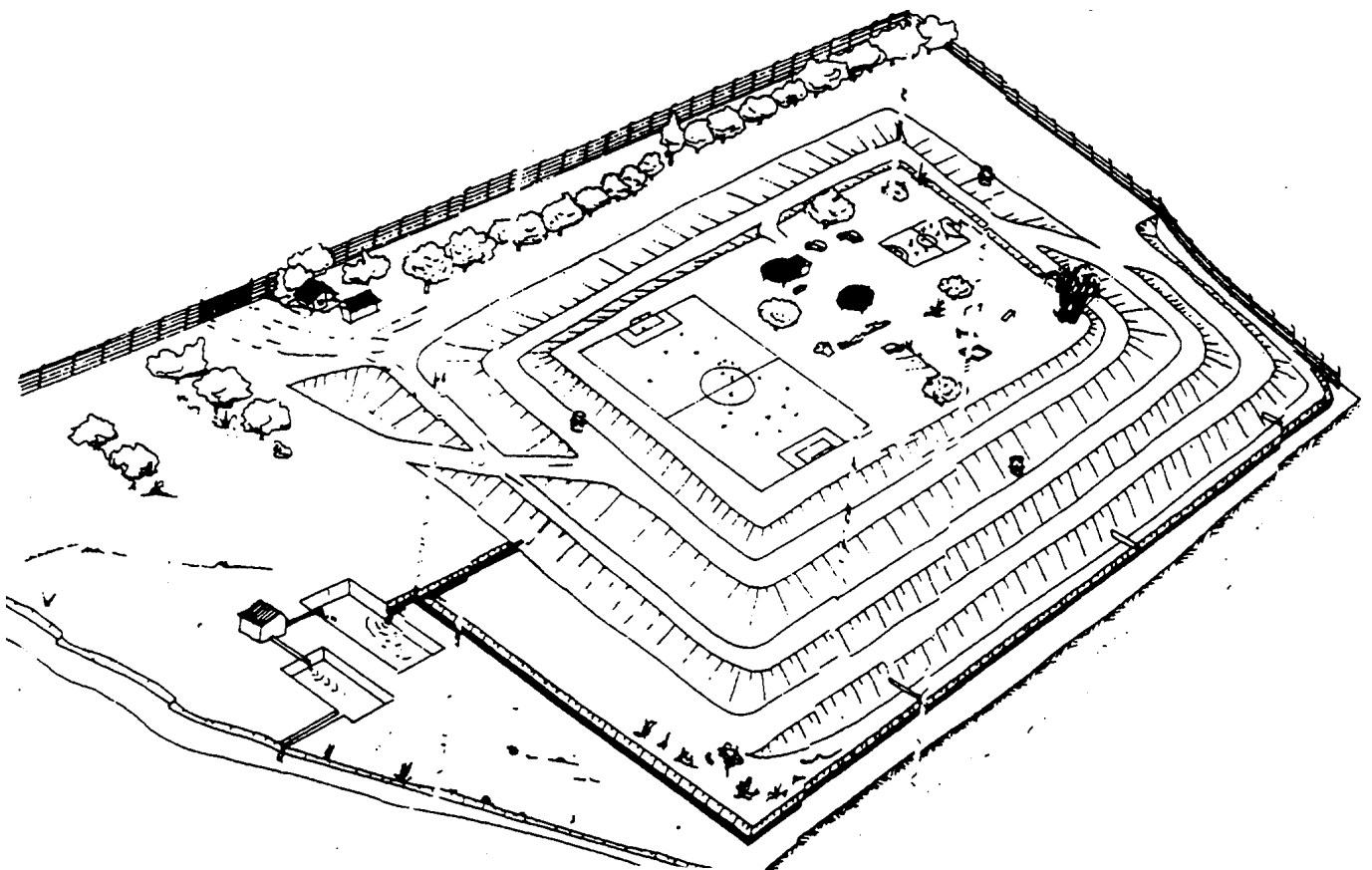
- ineficacia de los drenajes de aguas superficiales;
- ineficacia de la impermeabilización de la base, que provoca infiltraciones en la napa fréatica;
- erosiones de la cobertura;
- migración de gases y lixiviados hacia áreas vecinas;
- inestabilidad localizada de la masa o de áreas adyacentes;
- ocurrencia de hundimientos, fracturas y deformaciones excesivas en las zonas con cobertura definitiva.

4.10 Cierre y sellado del relleno sanitario

En la fase final del proyecto, en los detalles para el cierre y en la desactivación del sitio como relleno sanitario (Figura 14), se debe pensar en actividades de:

- proyecto paisajístico y de uso futuro del área;
- monitoreo geotécnico/ambiental;
- cobertura final;
- tratamiento de gases y percolado;
- inspecciones periódicas del sitio;
- servicios de mantenimiento de los equipos y accesorios instalados.

FIGURA 14
Cierre definitivo del relleno sanitario de acuerdo con el proyecto



5 Remediación y cierre de vertederos: acciones mitigadoras

Las localidades donde los residuos sólidos domiciliarios son descargados sin precauciones sanitarias ni ambientales, y que no pueden transformarse en rellenos sanitarios, no deberán recibir más residuos sólidos. Tales sitios deben ser tratados de forma tal, que se minimicen los perjuicios sanitarios y ambientales que causan.

En tal sentido, se deberán definir las acciones necesarias para el fin de la operación y la remediación del sitio. Estableciendo una lista de prioridades, definiendo como las acciones principales aquellas que demandan menores costos, menores plazos y mayores impactos o resultados positivos, de manera que se ponga en marcha un proceso de cierre y sustitución del vertedero, sin impedir a corto plazo la disposición de residuos sólidos en el municipio.

Paralelamente, deben ser estudiadas alternativas de nuevos sitios de disposición para que pueda desactivarse la operación anterior. Conjuntamente con este proceso, se debe estudiar maneras de gobernar los hurgadores que habitan y trabajan en los alrededores del vertedero (Capítulo V, Parte 1).

En un área que deba ser desactivada como vertedero, la meta final e ideal es poder utilizarla como en su vocación original, es decir, la que el sitio poseía antes de volverse un vertedero. Deben cesar los riesgos a la salud pública y al medio ambiente, transformando la masa de residuos sólidos en un cuerpo inerte seguro sanitaria y ambientalmente, en caso que esa masa no pueda ser transportada para un relleno debidamente proyectado.

Las acciones mitigadoras y el tiempo necesario para lograr que la masa de residuos sólidos se vuelva inerte, a través del proceso de mineralización de los residuos, varían en función de los recursos disponibles y de la concepción de la remediación adoptada.

Algunas acciones definidas y ejemplificadas en el punto referente a transformación de un vertedero en un relleno sanitario sirven como actividades intermediarias para el cierre de un vertedero. Por ejemplo, se puede citar:

- movimiento y organización de la masa de residuos sólidos;
- eliminación de fuegos y humaredas;
- delimitación del área (residuos / no-residuos);
- limpieza del área del terreno;
- drenaje de aguas superficiales;
- drenaje de gases y lixiviado de la masa de residuos;
- recolección y tratamiento de gases y lixiviado;
- cuidados para evitar o disminuir la contaminación de la napa freática;
- arborización en torno del área.

Además de esas acciones, se deben destacar las relativas a la cobertura definitiva, que deben ser adecuadas a la finalidad del área remediada. La cobertura definitiva debe ser proyectada y realizada de manera que cumpla los requisitos de aislar los residuos sólidos del medio ambiente, impedir la infiltración de las aguas de lluvia - lo que aumentaría el volumen de lixiviado e impedir la salida descontrolada de gases.

En la definición y planificación de las acciones mencionadas, la elección entre las diversas concepciones de remediación para el sitio es de fundamental importancia para el éxito de la labor. La remediación concebida deberá definir el tiempo necesario para el término de la generación de gases y líquidos percolados contaminantes, el término de los movimientos de la masa de residuos (desplazamientos horizontales y verticales), y el inicio de la utilización proyectada para el sitio remediado. Para la utilización adecuada del área es fundamental que esta sea estable y no presente riesgos a la salud y al medio ambiente.

Dentro de la planificación técnica del municipio, donde se incluye la utilización del área que debe ser clausurada, el método adoptado para el tratamiento de los residuos sólidos enterrados influirá en el tiempo de espera para la liberación del área. En este punto vale la pena recordar las distintas posibilidades y sus consecuencias.

5.1 Método anaeróbico tradicional

En este caso, los residuos sólidos son enterrados en celdas. Las celdas están provistas de sistemas operacionales de drenaje de gases y de lixiviado, con sistemas de protección y tratamiento debidamente proyectados.

Esta operación es la menos costosa, pero es la que implica un mayor tiempo de espera para la descomposición de la materia orgánica, y por lo tanto, exige mayor tiempo de monitoreo para poder considerar el sitio como estabilizado.

5.2 Método semi-aeróbico

Esta condición exige que las celdas de residuos sólidos tengan, obligatoriamente, un sistema de drenaje de gases y de lixiviado, que también sirva como conductor de aire para las celdas de residuos. De esta manera, la digestión se da en condición aeróbica, aunque se considera «semi-aeróbica» en función de la eficiencia del proceso.

La condición ideal sería inyectar aire por medio de bombeo, lo que exigiría instalaciones y sistemas que encarecerían los procesos, tornándolos de digestión aeróbica.

Con este método, el tiempo para la descomposición de la materia orgánica es reducido en relación al método anaeróbico tradicional, pudiéndose utilizar también técnicas de abertura de celdas, separación / disposición de inertes y utilización de compostaje, según se describe en el método biológico.

5.3 Método biológico

Este método es una manera de acelerar el proceso de descomposición de la materia orgánica y propiciar la reducción de los volúmenes necesarios para la disposición final en un relleno de inertes. En este caso, el entierro en celdas es una forma de tratamiento intermedio de los residuos sólidos, donde, a través de la utilización de microorganismos específicos desarrollados en reactores, la porción orgánica sólida se transforma en líquidos y gases. Se logra, de este modo, la posibilidad de reabertura de las celdas de residuos, la separación y destino final de los residuos (inertes), con el tratamiento final de los líquidos resultantes y la quema de los gases a lo largo del proceso. En este caso, el tiempo para la remediación del área es menor que el de la alternativa anaeróbica tradicional, pero exige mayores gastos.

La ejecución de proyectos de ingeniería es una actividad necesaria para el cierre, remediación, estabilización y utilización del sitio, y exige un nivel de detalles acordes con el tamaño del área, volúmenes y tipos de residuos dispuestos.

El monitoreo geotécnico y ambiental deberá ser ejecutado, independientemente del método adoptado, en función de los riesgos asociados a las condiciones del área, los cuales deberán ser evaluados a través de estudios específicos.

6 Estudios de viabilidad de las áreas destinadas para instalar rellenos sanitarios

Los estudios de viabilidad comprenden una serie de actividades destinadas a la identificación y el análisis de aptitud de las áreas para instalación de rellenos sanitarios.

Muchas veces, sin embargo, la intendencia ya dispone de algunas áreas cuya aptitud desea evaluar. Puede tratarse de terrenos de su propiedad, de áreas degradadas y que importa recuperar (canteras, zonas erosionadas, etc.), o inclusive de sitios indicados por estudios anteriores.

Se debe tener siempre en cuenta la importancia de las características del medio físico

del área para instalar el relleno sanitario. Un área adecuada significa menores gastos en la preparación, operación y cierre del relleno, pero fundamentalmente menores riesgos para el medio ambiente y la salud de la comunidad. De este modo, escogiendo bien, la intendencia se estará previniendo contra los efectos indeseables de la contaminación del suelo y de las aguas subterráneas de su municipio, además de eventuales trastornos resultantes de oposición popular.

Los trabajos previos exigen, asimismo, la adecuación de varios factores, buscando el equilibrio entre los aspectos sociales, las alteraciones al medio ambiente y los costos inherentes al emprendimiento. Se parte de estudios generales, identificándose las diversas áreas potenciales, siendo seleccionadas las más prometedoras para estudios detallados. Se necesitan, fundamentalmente, tres etapas: levantamiento de datos generales, preselección (escala regional), y los estudios para la viabilización de las áreas pre-seleccionadas (escala local).

Antes de la discusión de las actividades para la definición de un área para instalar en ella un relleno sanitario, se deben destacar tres aspectos.

El primero es el carácter no-disociado de las actividades de viabilidad del área y de la elaboración del proyecto del relleno sanitario.

Un segundo aspecto es la importancia de mantener una comunicación entre la municipalidad y el organismo de control ambiental, aunque el municipio tenga claros los pasos a seguir. Esto debe suceder desde las fases iniciales del trabajo, para evitar en un futuro la reformulación de trabajos ya realizados, con el consiguiente aumento de gastos, atrasos en el cronograma, etc. Es esencial que el municipio utilice la experiencia y conocimiento del organismo de control ambiental, agilizando la obtención de una solución satisfactoria.

Finalmente, la ejecución del procedimiento descrito a continuación no elimina la necesidad de presentación de Estudio y Evaluación de Impacto Ambiental para el emprendimiento (en el caso que esto sea exigido, ver Anexo A).

6.1 Levantamiento de datos generales

En esta fase del proyecto se echa mano de las informaciones existentes en archivo de la intendencia y de otros órganos municipales o estatales, para recabar los datos que siguen:

Datos poblacionales

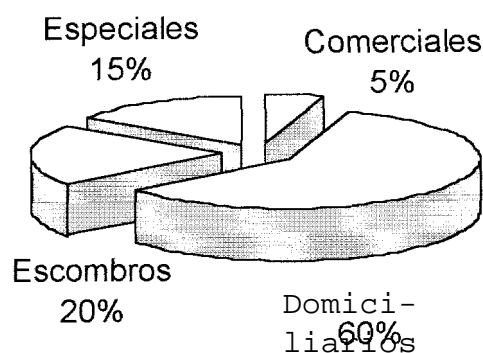
Son informaciones relativas a la población del municipio.

Principales tópicos de interés:

- número de habitantes: actual, fluctuante y proyectado;
- tasas de variación de la población.

Características de los residuos sólidos

Determinación de los aportes de los diversos tipos de residuos sólidos y componentes de los residuos sólidos municipales, incluyendo residuos estabilizados en otros procesos de tratamiento, y que también pueden ser dispuestos en el relleno sanitario. Ver Capítulo



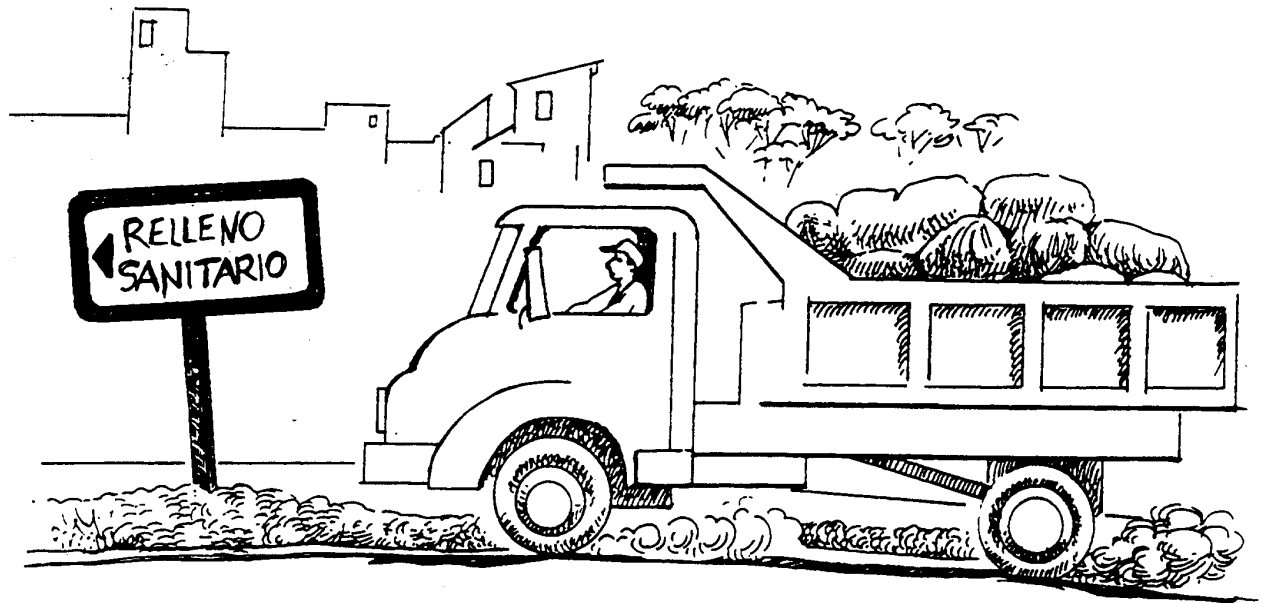
Datos sobre la recolección y el transporte actual de residuos sólidos

Se recaba información sobre el sistema actual de recolección y transporte de los residuos sólidos del municipio (Capítulo III).

Principales datos de interés:

- tipos y características de los equipos utilizados;
- tiempo de recolección;
- compatibilidad y eficiencia de los equipos.

FIGURA 16
Recolección y transporte de residuos sólidos



Resultados de la etapa - Levantamiento de datos generales

Se pueden efectuar varias estimaciones de la producción de residuos sólidos cruzando los datos poblacionales (población permanente, fluctuante y proyectada), con las características de los residuos sólidos y la eficiencia del sistema de recolección.

A partir del volumen de residuos sólidos generados diariamente, se calcula la llamada celda diaria de residuos sólidos (ver próximo recuadro). Las dimensiones de esta celda teórica son un indicador para el tipo de relleno que se debe hacer. En el caso de municipios pequeños, la menor generación de residuos sólidos puede revelar que las dimensiones de la celda teórica no ameriten que se haga el tradicional relleno operado en rampa, sino que es más práctico el relleno en zanjas.

Otro aspecto por considerar es la vida útil a la que se aspira para el relleno. Se recomienda garantizarse un mínimo de 10 años de operación. De todos modos, cuanto mayor sea la vida útil, tanto mejor para el municipio.

Resumiendo, se puede decir que los aspectos levantados en esta etapa orientarán acerca del tipo de área que se buscará en la etapa siguiente. También permitirán evaluar si las áreas identificadas satisfacen las expectativas de vida útil que se pretende, si poseen suficiente suelo para cobertura, etc.

DIMENSIONES DE LA CELDA DIARIA DE RESIDUOS SÓLIDOS¹⁴

(Cálculo Teórico para Relleno Operado en Rampa)

Según la CETESB (1994), las dimensiones de la celda de residuos sólidos pueden ser estimadas a través de las siguientes fórmulas:

$$h = 3 \sqrt{\frac{V}{p^2}}$$

$$l = b = 2 \sqrt{\frac{V}{h}}$$

$$A = b^2 + 2bhp$$

donde:

h = altura de la celda (m);

V = volumen de residuos de la celda diaria (m³). Equivale a la generación diaria de residuos sólidos (t/día) dividida por la densidad de residuos sólidos aprox.=0,7/m³, para residuos compactados.

p = talud de la rampa de trabajo (se recomienda 1:3, por lo tanto p=3);

l = profundidad de la celda (m);

b = frente de trabajo (m);

A = área que se debe cubrir con tierra (m²). Al considerar un espesor medio de cobertura para cada celda, se puede tener una idea inicial del consumo de tierra para tal fin.**6.2 Preselección de las áreas**

En esta fase se debe analizar un conjunto de datos del medio físico y socioeconómico, que permitan preseleccionar las áreas potencialmente aprovechables para instalar el relleno sanitario.

Normalmente poca actividad de campo se realiza en esta etapa de los trabajos, aprovechando al máximo las informaciones archivadas, lo que agiliza los pasos siguientes.

En caso de que existan áreas previamente indicadas por la municipalidad, se le dará prioridad al análisis de éstas. Sólo si esos terrenos resultaran «no-recomendables», se buscarán otros sitios.

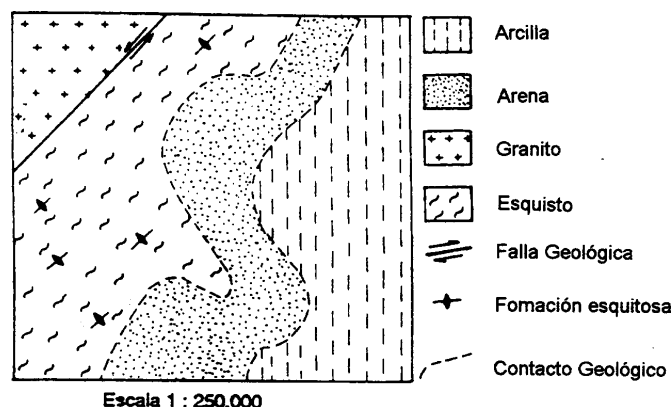
Datos geológico-geotécnicos

Son informaciones sobre las características y la presencia de materiales que componen el sustrato del suelo.

Principales aspectos de interés:

- distribución y características de las unidades geológico-geotécnicas presentes en la región;
- principales perfiles estructurales (estratificaciones, fallas y fracturas).

FIGURA 16
Mapa Geológico



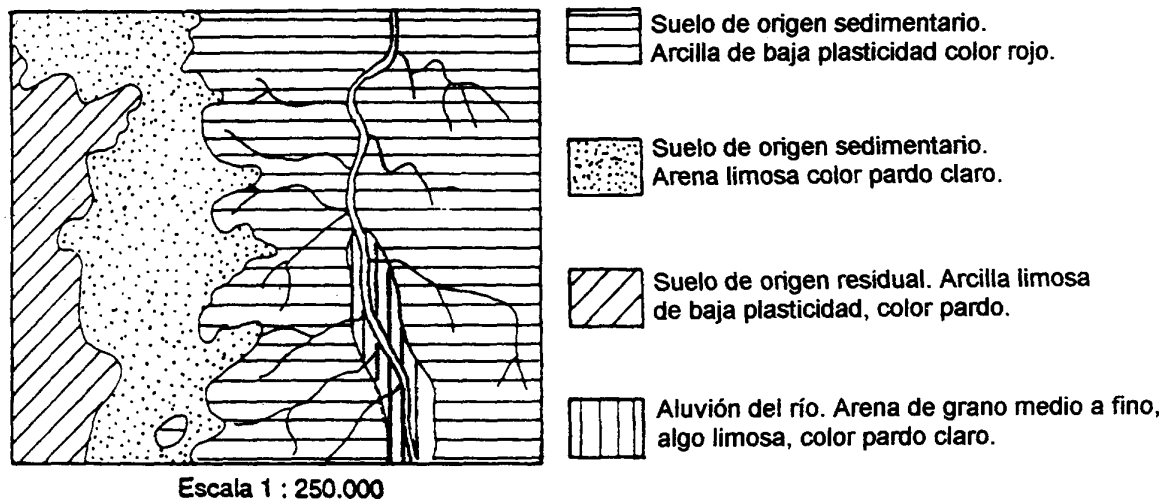
Datos pedológicos

Son las informaciones sobre las características de composición y la distribución de los suelos en la región estudiada.

Principales aspectos de interés:

- tipos de suelo corrientes en la región;
- identificación de los tipos de suelo más apropiados disponibles;
- identificación de los procesos del medio físico más decisivos para la región y los tipos de suelo.

FIGURA 18
Mapa de distribución de suelos



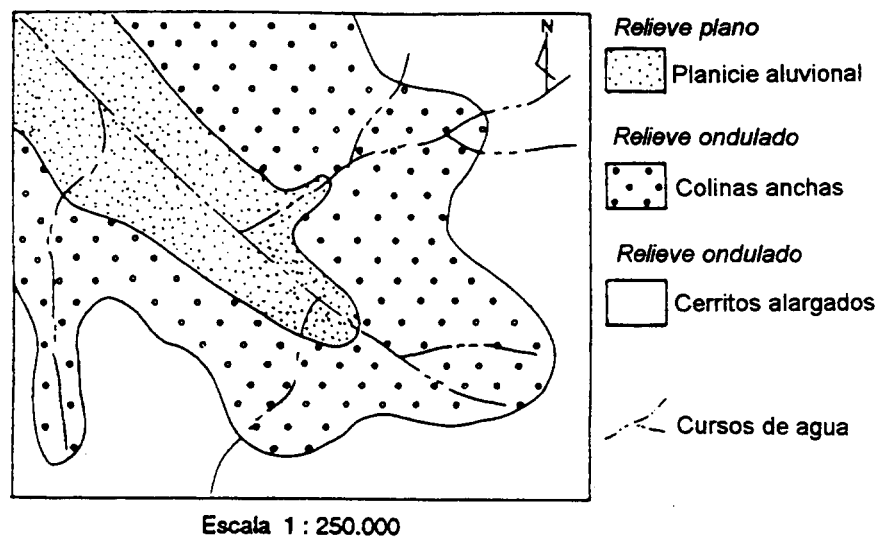
Datos sobre el relieve

Se refieren a la información sobre las formas y la dinámica del relieve del terreno.

Principales aspectos de interés:

- compartimentos geomorfológicos y características de las unidades que componen el relieve (áreas de cerros, planicies, cuevas, etc.);
- inclinación de los terrenos.

FIGURA 19
Mapa geomorfológico



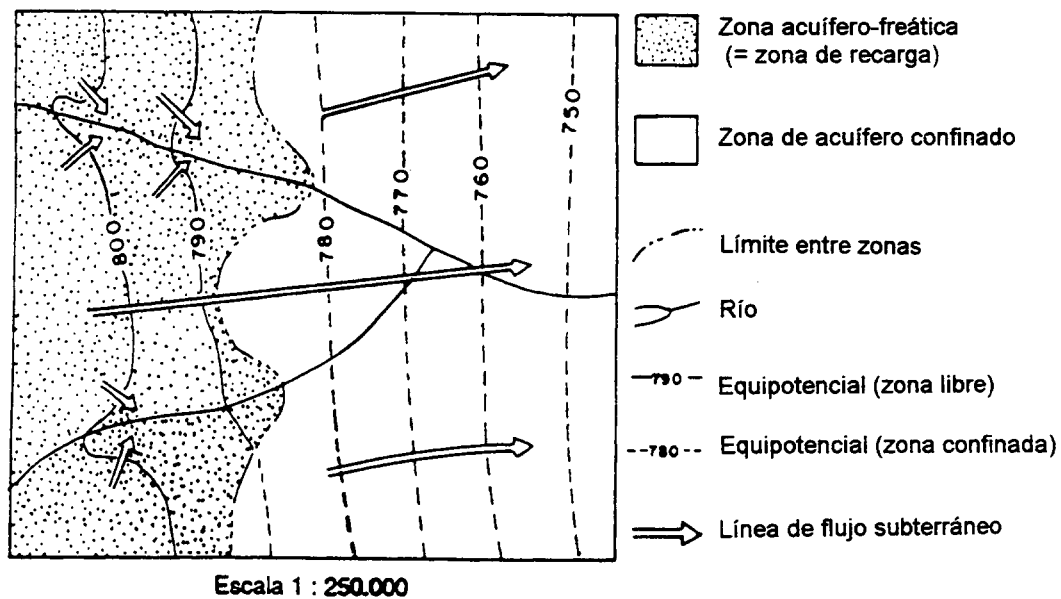
Datos sobre las aguas subterráneas y superficiales

Conjunto de informaciones sobre el comportamiento natural de la dinámica y química de las aguas subterráneas y superficiales de interés para el abastecimiento público.

Principales aspectos de interés:

- profundidades de la capa freática;
- localización de las zonas de recarga de las aguas subterráneas;
- principales manantiales, cuencas y cuerpos de agua de interés para el abastecimiento público (ámbito local y regional);
- áreas de protección de bañados.

FIGURA 20
Mapa hidrogeológico

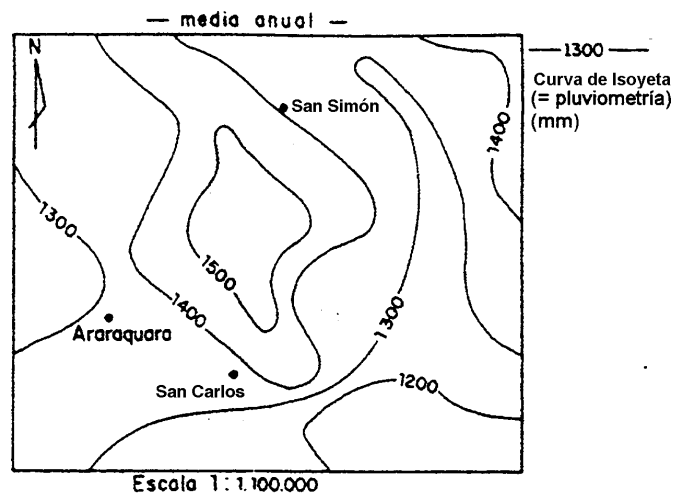
***Datos sobre el clima***

Se refiere a la información sobre lluvias, temperaturas y vientos.

Principales aspectos de interés:

- régimen de lluvias y precipitación pluviométrica (serie histórica);
- dirección e intensidad de los vientos.

FIGURA 21
Mapa de isoyetas



Datos sobre la legislación

Se refiere a la información sobre las leyes ambientales (internacionales, nacionales, estatales y municipales) y otras condicionantes desde el punto de vista legal.

Principales aspectos de interés:

- localización de las áreas objeto de protección ambiental, áreas de protección de bañados, parques, reservas forestales, áreas deforestadas, etc.
- ordenamiento territorial de la ciudad.

FIGURA 22
Normativa vigente



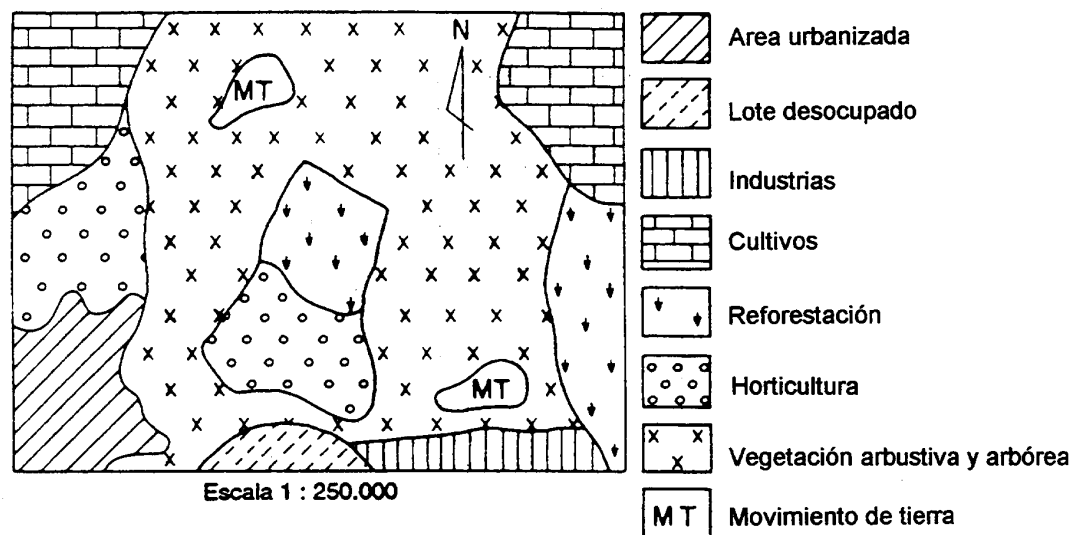
Datos Socioeconómicos

Lista informativa de asuntos de tipo social y económico que condicionan las decisiones técnico-políticas a la hora de escoger las áreas para la instalación de rellenos sanitarios.

Principales aspectos de interés:

- valor de la tierra;
- uso y ocupación de los terrenos;
- distancia del área con respecto a los centros atendidos;
- integración a la red vial;
- aceptación de la comunidad y de sus grupos organizados.

FIGURA 23
Mapa de uso y ocupación del terreno



Resultados de la etapa de preselección

La ponderación de los diversos datos considerados y el análisis integrado de los mismos, permiten la identificación de las zonas más favorables, en las cuales, a través de una visita de campo, serán individualizadas las candidatas para la instalación del relleno sanitario.

La información sobre las áreas identificadas debe ser colocada en el Cuadro 1 que presenta la propuesta de un modelo orientador. Esta información se debe comparar con la del Cuadro 2, lo cual permitirá clasificar las áreas seleccionadas en una de las categorías siguientes:

Recomendada: cuando puede utilizarse en las condiciones actuales, de conformidad con las normas vigentes y con baja inversión.

Recomendada con restricciones: cuando puede utilizarse, a condición de que se tomen medidas complementarias que obliguen a hacer una inversión media de dinero.

No recomendada: cuando no se recomienda su utilización debido a la necesidad de medidas complementarias muy costosas.

CUADRO 1			
Datos para evaluar las áreas destinadas a rellenos sanitarios			
Datos necesarios	ÁREAS DISPONIBLES		
	Área 1	Área 2	Área N
Vida útil			
Distancia del centro atendido			
Ordenamiento ambiental			
Ordenamiento territorial urbano			
Densidad de población			
Uso y ocupación del suelo			
Valor de la tierra			
Aceptación de la población y de las organizaciones no-gubernamentales ambientalistas			
Declives del terreno			
Distancia de los cursos de agua temporarios o perennes (cauces, nacientes, etc.)			

CUADRO 2			
Criterios para evaluar las áreas destinadas a rellenos sanitarios			
DATOS NECESARIOS	RECOMENDADA	RECOMENDADA CON RESTRICCIONES	NO-RECOMENDADA
Vida útil	Mayor que 10 años	(10 años, a criterio del organismo ambiental)	
Distancia del centro atendido	Menor que 10 km	10-20 km	Mayor que 20 km
Ordenamiento ambiental	Áreas sin restricciones de protección ambiental		Unidades de conservación ambiental
Ordenamiento territorial urbano	Vector de crecimiento	Vector de crecimiento medio	Vector de máximo
Densidad de población	Baja	Media	Alta
Uso y ocupación del suelo	Áreas no desarrolladas o poco utilizadas		Ocupación intensa
Valorización de la tierra	Baja	Media	Alta
Aceptación de la población y de las ONGs ambientalistas	Buena	Razonable	Inaceptable
Distancia de los cursos de agua (cauces, nacientes, etc.)	Mayor que 200 m	Menor que 200 m, con aprobación del organismo ambiental responsable	

En caso de que varias áreas sean clasificadas como Recomendada o Recomendada con restricciones, se sugiere que se les dé prioridad; en la etapa siguiente, sin embargo, se tomarán en cuenta, como máximo, tres de ellas, con base en los costos de los trabajos que corresponden.

Si, al contrario, todas las áreas disponibles se evaluarán como inadecuadas, el proceso deberá ser revisado y re-ejecutado, hasta que se obtengan áreas adecuadas.

En ese momento, es importante el contacto formal con el organismo ambiental responsable, para obtener las orientaciones específicas en cuanto a la instalación del relleno sanitario.

A partir de las áreas preseleccionadas, se puede pasar a la etapa siguiente de los estudios, con indicación del sitio más apropiado.

6.3 Estudios para determinar la idoneidad de las áreas preseleccionadas

En esta fase son fundamentales los trabajos de campo, a través del levantamiento de datos del medio físico, con investigaciones de superficie y subsuelo. Son trabajos de carácter local y pretenden conocer las características de las áreas preseleccionadas en la etapa anterior. Informaciones de otra naturaleza (social, económica, etc.) también podrán ser incorporadas.

Las técnicas de investigación utilizadas son las que se emplean corrientemente en la Geología, formando dos grandes grupos:

a) técnicas indirectas: interpretación de fotografías aéreas y satelitales, métodos geofísicos (sísmico, sondeo eléctrico vertical, etc.), (Figura 24);

b) técnicas directas: ejecución de sondeos manuales (taladro y percusión) o mecánicos (rotativo), ensayos en el propio sitio (ensayo de bombeo, de infiltración, etc.) o en el laboratorio (análisis físico-químico del agua; granulometría, límites de Atterberg, permeabilidad, compactación de los suelos, etc.), (Figura 25).

FIGURA 24
Método geofísico - Sondeo eléctrico vertical

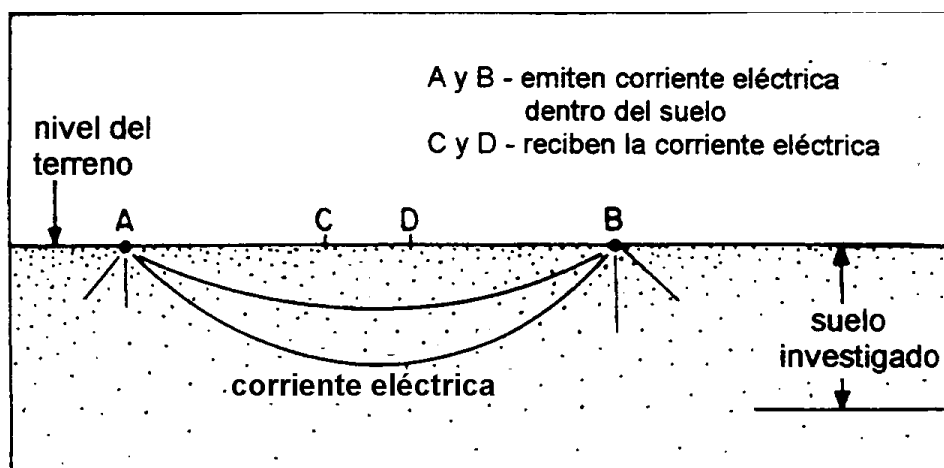
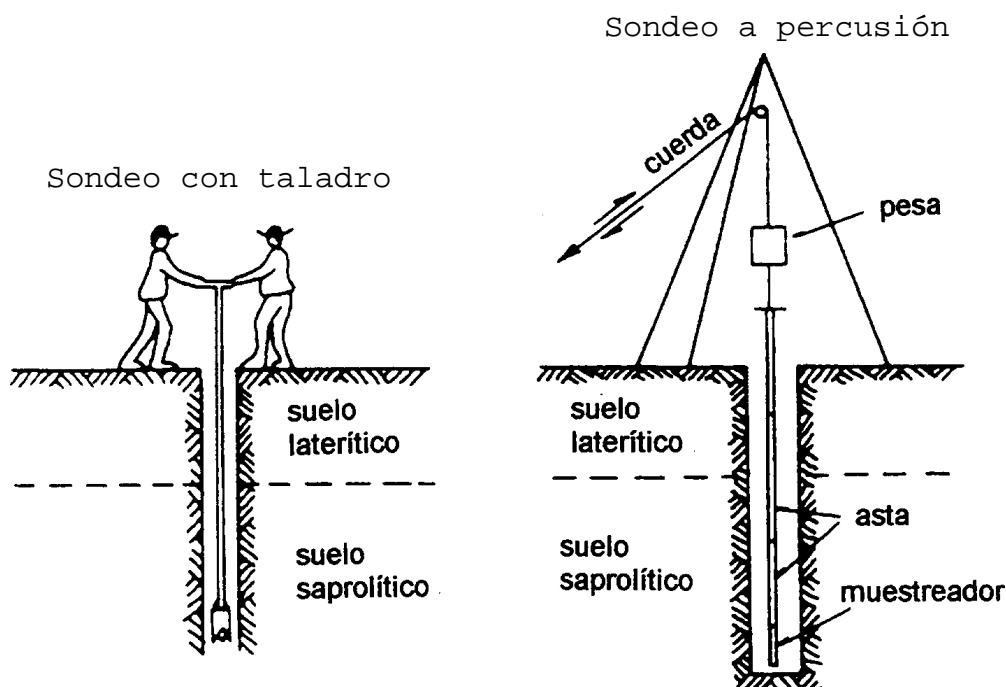


FIGURA 25
Sondeos manuales



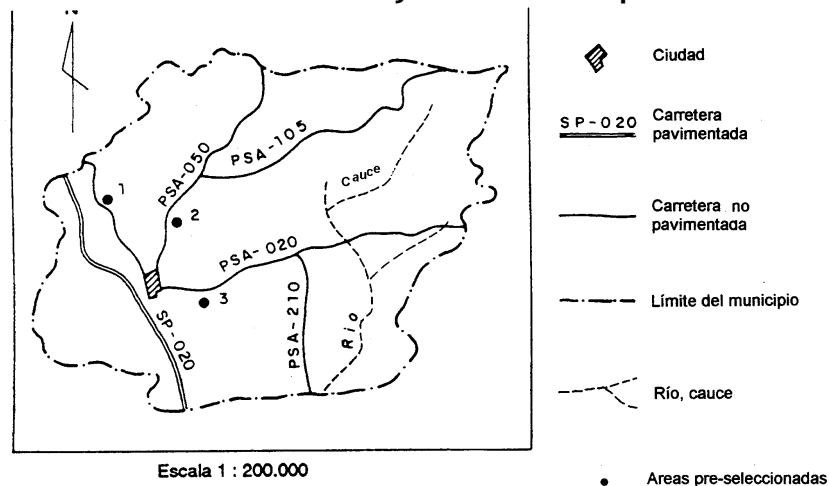
El primer paso es el levantamiento completo de los datos de interés sobre las áreas preseleccionadas, datos que posiblemente se encuentren ya en los archivos de la intendencia y de otros organismos. A continuación, se realiza el trabajo de campo, usando las técnicas descritas arriba.

Los datos se levantan en este orden:

Datos de infraestructura

Comprenden las informaciones sobre la ubicación, condiciones de acceso, disponibilidad de energía eléctrica, etc. Estos elementos influyen en los costos de instalación y operación del relleno sanitario (Figura 26).

FIGURA 26
Mapa catastral de carreteras y de las áreas preseleccionadas

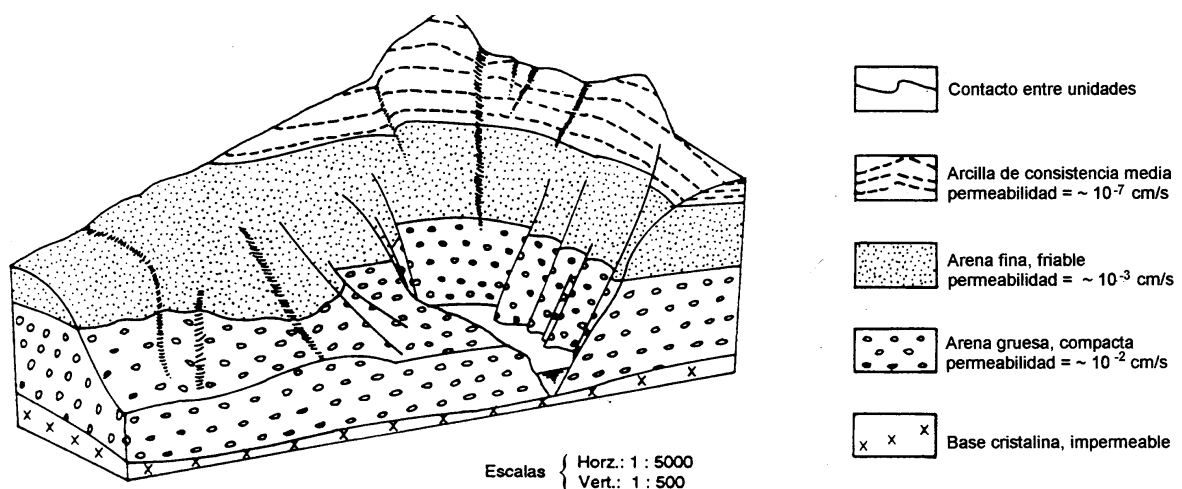


Datos geológico-geotécnicos

Se refieren a la determinación de los elementos relacionados con el medio físico, que permitan identificar la mejor área para instalar el relleno:

- espesor del suelo;
- permeabilidad del suelo;
- capacidad de carga y deformabilidad del terreno de base;
- condiciones de estabilidad del área y adyacencias;
- susceptibilidad del terreno a procesos de dinámica superficial (erosión, deslizamientos, derrumbes, etc.).
- disponibilidad de materiales (para cubrir los residuos sólidos e impermeabilizar la base).

FIGURA 27
Informaciones geológico-geotécnicas

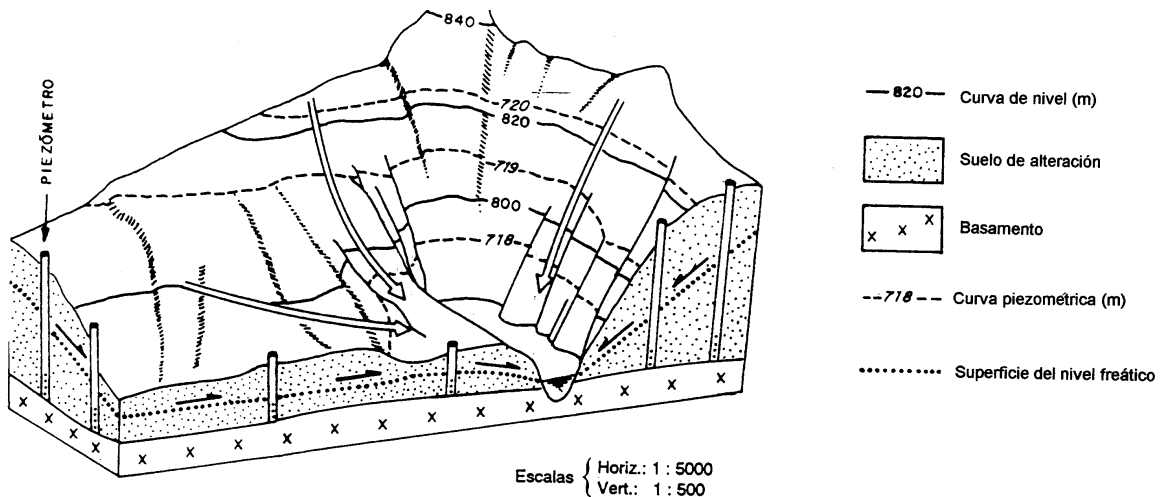


Datos hidrogeológicos

Se refieren a la determinación de los parámetros relacionados con el comportamiento del agua subterránea, que permitan reforzar la elección del área para el relleno sanitario, y minimizar sus interferencias. Estos son:

- profundidad del nivel freático;
- patrón de flujo subterráneo;
- calidad de las aguas subterráneas;
- riesgos de contaminación.

FIGURA 28
Informaciones hidrogeológicas



Resultado de los estudios de idoneidad de las áreas preseleccionadas

El análisis y la interpretación de las informaciones recolectadas determinarán cuál de las áreas es la más indicada para instalar el relleno sanitario, tomando en cuenta los aspectos sociales, ambientales y financieros.

En esencia, entre las áreas preseleccionadas se desea identificar la que mejor posibilite:

- menor potencial de generación de impactos ambientales:
 - estar fuera de las áreas de restricción ambiental;
 - acuíferos menos permeables;
 - suelos más espesos y menos sujetos a los procesos de dinámica superficial (erosión, deslizamientos, derrumbes, etc.);
 - pendiente apropiada;
 - distancia de viviendas, cursos de agua, redes de alta tensión.
- mayor vida útil para el relleno sanitario:
 - máxima capacidad de almacenamiento de residuos sólidos.
- bajos costos de instalación y operación de la obra:
 - menores gastos de infraestructura;
 - menor distancia de la zona urbana generadora de residuos;
 - disponibilidad de material.

Como resultado final, se deberá hacer una descripción del sitio recomendado, sus justificaciones y las providencias necesarias para su correcta utilización.

Es aconsejable, además, que al final de estos procedimientos se realice una verificación, o sea un chequeo para confirmar que el área escogida cumple con los criterios presentados (y cualquier otro criterio que pueda ser obtenido) o, en caso negativo, si es posible (y económicamente factible) la adopción de medidas para eliminar eventuales deficiencias.

En caso de que ningún área satisfaga estas condiciones, el proceso de selección deberá ser reabierto y re-ejecutado, hasta que se encuentren sitios que reúnan las condiciones exigidas.

6.4 Consideraciones adicionales

La ejecución de las actividades descritas anteriormente no elimina la necesidad de presentar un estudio de impacto ambiental de acuerdo a lo previsto en la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental, para la instalación del relleno sanitario (en caso de que sea exigido, ver Anexo A). Sin embargo, su realización con la cooperación del órgano ambiental responsable y la participación de la sociedad civil, ciertamente contribuirá a la agilización de este proceso, y también a la obtención de una solución final de mejor calidad y menos sujeta a reclamos.

Una vez definido el sitio, el poder público municipal podrá dar seguimiento a las actividades necesarias para instalar el relleno sanitario.

7 Proyecto de relleno sanitario en áreas vírgenes

7.1 Concepción técnica

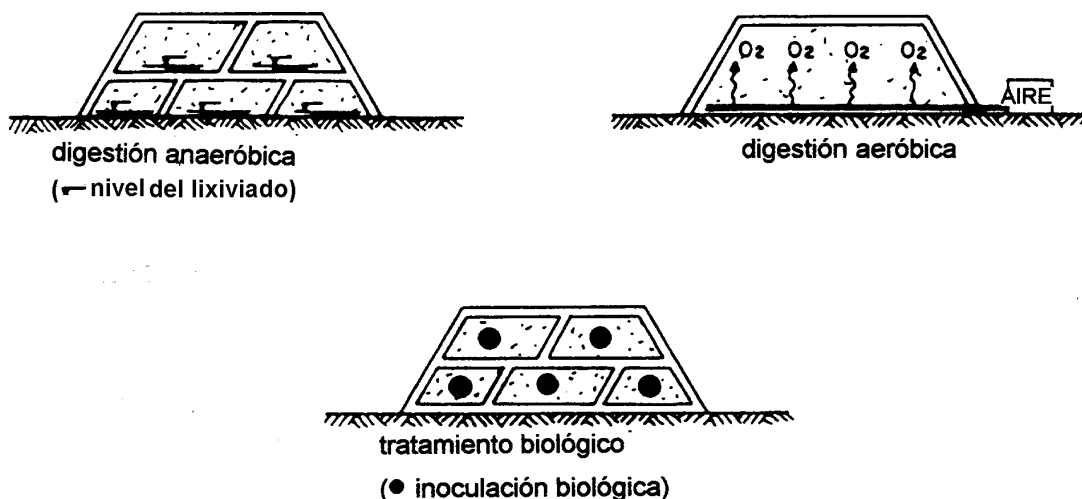
El concepto de relleno sanitario debe ser entendido como el lugar donde los “residuos sólidos” serán «purificados», minimizando su impacto negativo sobre el medio ambiente. Esta es la concepción moderna de los rellenos sanitarios, en función de la poca disponibilidad de áreas y el aumento de los volúmenes de residuos sólidos.

Esta idea presupone, no solamente la cobertura de los residuos y su larga, acaso secular, digestión anaeróbica constituyéndose en una fuente constante de contaminación, sino que incluye la obtención de algún provecho, acelerando el paso a materia inerte, minimizando y recuperando las áreas de disposición. Se debe quebrar el ciclo del proceso simplemente acumulativo de los residuos, que contamina el suelo, el agua y el aire, impidiendo un uso más noble de las áreas de los rellenos.

En este sentido, la concepción del relleno sanitario como un sitio de tratamiento debe preceder las acciones de ejecución del relleno, buscando alternativas y sistemas adecuados. Así, se pueden distinguir, a nivel de disposición en rellenos, cuatro líneas de tratamiento:

- tratamiento por digestión anaeróbica;
- tratamiento por digestión aeróbica;
- tratamiento por digestión semiaeróbica;
- tratamientos biológicos.

FIGURA 29
Procesos de tratamiento de los residuos



Tratamiento por digestión anaeróbica

La digestión anaeróbica, pura y simplemente, es considerada apenas una forma sanitaria de tratamiento, ya que el tiempo en que los residuos sólidos se hacen inertes (término de las reacciones orgánicas alcanzándose el estadio de mineralización), puede durar decenas y hasta centenares de años. Esta concepción viene siendo aplicada en los Estados Unidos, en Brasil y en Uruguay.

Tratamiento por digestión aeróbica

La alternativa de la digestión aeróbica se presenta como la que produce mayores ventajas para la descomposición de los residuos sólidos, y no se usa de una manera más generalizada a causa de sus mayores costos directos comparados con los de la digestión anaeróbica.

La desventaja del proceso aeróbico sería la necesidad de inyectar aire dentro de los residuos sólidos acumulados, operando sistemas de control y bombeo de aire, lo cual exige costos directos e indirectos.

Como ventajas del proceso aeróbico, se pueden mencionar:

FACTORES	VENTAJAS DEL PROCESO AEROBIO vs. ANAEROBIO
Lixiviado	Menores niveles de DBO* y DQO** facilitando tratamientos finales de líquidos
Formación de gases	No-formación de gases peligrosos (como metano, p.ej.)
Descomposición de residuos	Más rápida
Drenaje de líquidos y gases	Mayor, con beneficios para la estabilidad mecánica
<p>(*) Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO): medida de la cantidad de oxígeno consumido por los microorganismos, en la oxidación de materia orgánica presente en el agua o en el agua residual. Cuanto mayor el grado de contaminación, mayor la DBO.</p> <p>(**) Demanda Química de Oxígeno (DQO): medida de la cantidad de oxígeno consumido en la oxidación química de la materia orgánica presente en el agua o en el agua residual. En general, la DQO es mayor que la DBO y no siempre es posible correlacionarlas.</p>	

Tratamiento por digestión semi-aeróbica

Como alternativa a las dificultades presentadas por el proceso aeróbico, existe una corriente tecnológica que propicia la concepción de digestión semi-aeróbica³⁴. Esta concepción procura eliminar las desventajas de la implantación y operación de sistemas forzados de inyectores de aire dentro de los residuos sólidos, y para ello el proyecto establece directrices preventivas, mediante la construcción de sistemas de disposición de gases, drenaje de residuos líquidos y aeración natural por convección.

En este caso, se elimina la principal desventaja del proceso aeróbico, que es el costo, y se aprovechan todas sus ventajas con poco o casi ningún perjuicio en cuanto al tiempo de descomposición de la materia orgánica.

Esta alternativa de digestión se ha ido usando en Japón. También puede implementarse, a través de la técnica de abertura de las celdas, la separación de los materiales en compuesto orgánico - compost - y elementos inertes, como en el tratamiento biológico.

Tratamiento biológico

El tratamiento biológico de los residuos sólidos, como forma de aceleración del proceso de descomposición de la materia orgánica, ha sido objeto de estudios teóricos y académicos. En Brasil, son los primeros experimentos a nivel de instalaciones, en dimensiones y condiciones reales de operación. En Uruguay, la Universidad de la República, en el Instituto de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería, se está investigando en esta materia. Esta alternativa exige la adquisición de la tecnología del proceso y un control riguroso de todas sus fases, a través de un equipo de operación especializado.

Los resultados finales de los primeros experimentos están todavía en fase de comprobación; además, el control y la operación son requisitos importantes para alcanzar los objetivos, como garantía de la calidad de los resultados.

El tratamiento acelerado de los residuos sólidos, a través de la descomposición de la materia orgánica por medio de microorganismos específicos desarrollados en reactores, transforma la fracción orgánica sólida en líquidos y gases. Resulta, así, una posibilidad de reabertura de las celdas de residuos sólidos, segregación y destino final de los residuos (inertes) y compuestos orgánicos, con el tratamiento final de los líquidos resultantes y la quema de los gases a lo largo del proceso. De este modo, el lugar del relleno sanitario se transforma en un sitio de tratamiento, siendo dispuestos los inertes en lugar específico, pudiéndose inclusive reducir el volumen mediante técnicas de separación y reciclaje.

Con los tratamientos alternativos presentados, eligiendo el más adecuado a las características generales anteriormente determinadas, se procede a la ejecución del proyecto del relleno sanitario en el lugar escogido, definiéndose en función de cada tratamiento, las instalaciones necesarias, sistemas y esquemas operativos.

Cualquiera sea el tratamiento que se adopte, se deberán considerar medidas de protección ambiental y monitoreo debidamente proyectadas, de modo que se garanticen condiciones de no contaminación de los lugares durante las diversas fases de la obra: implantación, operación y cierre.

7.2 Dimensionamiento del relleno sanitario

Las dimensiones del relleno sanitario dependen de:

- la cantidad y tipología de los residuos que se deben acumular;
- las características fisiográficas y ambientales;
- el uso futuro del área por rellenar.

Cantidad y tipología de los residuos a ser dispuestos

La cantidad (volumen) de residuos sólidos que se disponen en el relleno sanitario es el factor preponderante para calcular la extensión del área para la disposición de los residuos. Las precauciones que se deben tomar en cuanto al acondicionamiento, recolección, tratamiento y disposición final dependen de los tipos de residuos a ser contemplados. La proyección futura de esos volúmenes y tipos de residuos debe realizarse de forma tal que el área tenga una vida útil de operación de por lo menos 20 años.

Obs.: Los residuos provenientes de los servicios de salud y hospitalarios deben ser incinerados. Mientras tanto, hasta que no se creen condiciones propicias para ello, se debe estudiar la alternativa de colocarlos en algún sector del relleno sanitario, en celdas diseñadas específicamente para tal fin.

Características fisiográficas y ambientales

La caracterización fisiográfica y ambiental del área seleccionada para la disposición de los residuos sólidos es un factor básico para calcular las dimensiones del relleno sanitario, principalmente porque este factor influye directamente en la implantación y desempeño del emprendimiento.

Para su caracterización son necesarios estudios cualitativos y cuantitativos de la región, generalmente definidos como Estudios Preliminares.(Punto 6).

Uso futuro del área del relleno sanitario

En el dimensionamiento de los rellenos sanitarios se debe prever el uso futuro más adecuado del área que se va a rellenar con residuos sólidos.

El destino final del área depende de la solución de relleno sanitario (método) adoptada, ya que las alternativas de tratamiento o la simple disposición de los residuos sólidos definirán comportamientos mecánicos diferenciados para las masas de residuos sólidos en esos sitios. En lugares donde se prefiere la degradación acelerada de los residuos, el uso posible del área puede ser más diversificado y con menores restricciones.

7.3 Componentes del proyecto

Los estudios deben ser orientados de tal manera, que queden bien definidos los siguientes componentes del proyecto:

- a) sistema de tratamiento de los residuos a ser dispuestos;
- b) sistema de tratamiento de la base (impermeabilización);
- c) sistema de operación;
- d) sistema de cobertura;
- e) sistema de drenaje de las aguas pluviales;
- f) sistema de drenaje de los líquidos percolados (lixiviados);
- g) sistema de drenaje de la base;
- h) sistema de drenaje de gases;
- i) análisis de estabilidad de los macizos de tierra y de los residuos sólidos dispuestos;
- j) sistema de recolección y tratamiento de los líquidos percolados ;
- k) sistema de tratamiento de gases;
- l) sistema de monitoreo;
- m) cierre final del relleno.

a) Sistema de tratamiento de los residuos a ser dispuestos

El sistema se propone orientar la concepción del proyecto de un relleno sanitario, buscando alternativas tecnológicas adecuadas para el tratamiento de los residuos sólidos, cumpliendo la función sanitaria y de conservación ambiental. Este sistema debe garantizar la calidad de vida en los alrededores del relleno sanitario con influencias mínimas para el medio ambiente.

Su dimensionamiento es una función de la alternativa de tratamiento elegida para el sitio de disposición de los residuos sólidos.

La concepción del sistema puede adoptarse dentro de las alternativas de tratamiento acelerado de los residuos, y el tratamiento anaeróbico tradicional a largo plazo (secular).

La alternativa del sistema de tratamiento debe especificar procesos y métodos que garanticen la funcionalidad del relleno sanitario en todas las fases de su existencia.

b) Sistema de tratamiento de la base

El sistema de tratamiento de la base tiene como función proteger el fondo del relleno, evitando la contaminación del subsuelo y de los acuíferos adyacentes por la migración de percolados y/o gases, en caso de que no haya en el sitio condiciones naturales favorables.

Supuestamente si las condiciones naturales fueran totalmente favorables y seguras para el ambiente, ese tratamiento no sería necesario. Existen tendencias que piensan que no hay condiciones totalmente favorables y seguras, y que siempre es necesario un grado de impermeabilización.

Un sistema de tratamiento de la base debe presentar las siguientes características:

- estanqueidad;
- durabilidad;
- resistencia mecánica;
- resistencia a la intemperie;
- compatibilidad físico-química-biológica con los residuos a ser dispuestos.

Entre los materiales que se emplean comúnmente en el tratamiento de la base de los rellenos sanitarios se encuentran las arcillas compactadas y las geomembranas sintéticas.

Las capas impermeabilizantes de arcilla deben colocarse con control tecnológico de compactación, y deben cumplir con las características técnicas de baja permeabilidad y espesores mínimos, ya que constituyen barreras contra la migración de contaminantes.

Por la experiencia obtenida en otros países, como Estados Unidos y Alemania, el tipo de geomembrana que ha resultado más adecuado para la impermeabilización de rellenos sanitarios es la de polietileno de alta densidad (PEAD), por su resistencia mecánica, durabilidad y compatibilidad con una gran variedad de residuos. Se ha registrado, también, la utilización de geomembranas de cloruro de polivinilo (PVC).

En los procesos de impermeabilización, la garantía de calidad no está dada sólo por la definición de los materiales, sino por un adecuado método de aplicación y un efectivo control tecnológico de ejecución.

c) Sistema de operación

El sistema de operación en esta fase del proyecto, debe tomar en cuenta en principio, la optimización de los recursos (humanos, materiales y financieros), y la forma de gerencia (administración directa e indirecta), como se indicó en el Punto 4.

El proceso de cubrir los residuos sólidos con tierra o la formación de celdas de residuos sólidos, según la clasificación de los rellenos y aplicando la técnica de los rellenos de superficie, se ha ido llevando a cabo tradicionalmente de tres maneras: método de trinchera o zanjas, método de rampa y método de área (ver Figura 11). La elección o definición de uno de los tres métodos depende de las características físicas y geográficas del sitio:

- **Método de trinchera:** consiste en la abertura de trincheras (zanjas) en el suelo, en las que los residuos sólidos son dispuestos en el fondo, compactados, y posteriormente cubiertos de tierra.

- **Método de rampa:** conocido también como «método de excavación progresiva», se fundamenta en la excavación de una rampa donde los residuos sólidos son dispuestos y compactados mediante un tractor frontal y, posteriormente, cubiertos con tierra. Se emplea en áreas llanas, donde el suelo natural ofrece buenas condiciones para ser excavado y utilizado como material de cobertura.

- **Método de área:** suele emplearse en sitios donde la topografía es irregular, y la capa freática se encuentra en el límite máximo.

Estas tres formas de manejo de los residuos están ilustradas en la Figura 11 -A, B y C.

El frente de trabajo en operación debe ser el mínimo posible, de modo que los residuos sólidos no queden desperdigados e impidan su manejo, perjudicando la compactación, los accesos y la cobertura con tierra.

Se recomienda la preparación de un área destinada a la descarga de los residuos sólidos en épocas de lluvia o cuando, por cualquier motivo, no se pueda operar en el frente de trabajo.

Diariamente debe ser ejecutada la cobertura de los residuos con tierra. Cuando la recolección de residuos sólidos está terminada, éstos deben ser desparramados por el tractor frontal formando celdas diarias de residuos sólidos. Se podrá volver a trabajar sobre las celdas iniciales para formar celdas nuevas, hasta completar la camada. Resultarán varias camadas de celdas sobrepuestas. La planificación de la obra deberá prever la construcción de drenajes de aguas superficiales, aguas subterráneas, lixiviado y gases, concomitantemente a la formación de celdas y camadas.

El sistema de operación debe también prever el control del funcionamiento del relleno sanitario mediante el cumplimiento de algunas recomendaciones básicas, relacionadas con el volumen de los residuos sólidos recibidos, la zonificación de los sitios de disposición, el tratamiento de los residuos y de los efluentes generados por la disposición.

El control de la recepción de los residuos sólidos se logra instalando una balanza en la entrada del relleno sanitario, donde los vehículos que entran y salen son pesados por

operarios. Estos verifican y registran la matrícula y su procedencia, llevando control cuantitativo y cualitativo de los residuos que se disponen en el área.

Se recomienda la implantación de un espacio destinado al análisis y la inspección de los residuos sólidos recibidos en el relleno.

Es ideal que se establezca un sistema de zonificación de los residuos, permitiendo, además de su control, el tratamiento adecuado en función del tipo, del volumen y de las características de los residuos sólidos recibidos.

d) Sistema de cobertura

El propósito de cubrir diariamente los residuos sólidos con tierra es proteger la superficie de las celdas de residuos sólidos, minimizando impactos al medio ambiente, con el objetivo de:

- impedir el arrastre de materiales por la acción del viento;
- evitar la clasificación de residuos en condiciones inapropiadas (hurgadores);
- evitar la proliferación de moscas, roedores y otros transmisores de enfermedades;
- evitar el aspecto antiestético de los residuos sólidos expuestos;
- facilitar el movimiento de las máquinas y de los vehículos sobre el relleno;
- propiciar el escurrimiento superficial, dificultando la infiltración de las aguas pluviales dentro del relleno, disminuyendo la formación de lixiviado;
- reducir la existencia de malos olores;
- evitar la quema de residuos a cielo abierto;
- evitar la salida descontrolada de gases.

El sistema de cobertura debe ser resistente a los procesos erosivos y adecuado a la utilización futura del área.

Se recomienda el uso de protección vegetal, e integrar la masa final del relleno sanitario al medio ambiente local.

Los materiales que componen el sistema de cobertura final deberán ser especificados de modo que cumplan con los requisitos técnicos anteriores, al igual que el sistema de impermeabilización de base. La garantía de un buen funcionamiento depende del control técnico durante la ejecución de los trabajos.

Una vez concluida la utilización del relleno sanitario, es necesario prever el mantenimiento del sistema de cobertura y garantizar sus características en el tiempo.

e) Sistema de drenaje de aguas pluviales

Este sistema tiene la finalidad de interceptar y desviar el escurrimiento superficial de las aguas pluviales, durante y después de la vida útil del relleno, evitando su infiltración dentro de la masa de residuos.

El dimensionamiento de la red de drenaje depende principalmente de la cantidad de lluvia que se deberá drenar. Los métodos de dimensionamiento siguen la práctica usual del drenaje urbano, por tratarse de pequeñas vertientes de aporte.

En los rellenos sanitarios, en general, el sistema de drenaje de aguas pluviales está constituido por estructuras drenantes de media caña (canales) asociadas a escalones y tubos, todos de cemento.

Dicho sistema de drenaje deberá estar orientado en sentido tal, que conduzca los líquidos hacia un punto único, distinto del sitio donde se concentran los lixiviados a través del relleno, los cuales necesitan ser tratados antes de ser conducidos por el sistema de drenaje de aguas naturales.

f) Sistema de drenaje de líquidos percolados

El sistema de drenaje de líquidos percolados, que atraviesan la masa del relleno sanitario, debe recolectarlos y conducirlos a través de drenajes internos, reduciendo las presiones de dichos líquidos que actúan en la masa del residuo y minimizando el potencial de migración de esos líquidos hacia el subsuelo.

Este sistema podrá proyectarse a través de piedra picada en tubos perforados, dirigen-

do el lixiviado hasta el sitio de acumulación, donde serán sometidos a un tratamiento adecuado.

Para el dimensionamiento de este sistema de drenaje, es fundamental el conocimiento del caudal que debe ser drenado y las condicionantes geométricas de la masa de residuos.

La concepción del sistema de drenaje depende de la alternativa de tratamiento adoptada para el relleno sanitario, pudiendo inclusive asociarse al sistema de drenaje de gases.

g) Sistema de drenaje de la base

Bajo el sistema de tratamiento de la base del relleno sanitario es conveniente proyectar un sistema de drenaje para la recolección de las aguas naturales del subsuelo. Este sistema debe estar conectado con el sistema de monitoreo ambiental del relleno, de manera que se puedan comprobar las buenas condiciones de funcionamiento del sistema de tratamiento de la base, tanto durante la vida útil del relleno sanitario, como después de su cierre.

Aun cuando no hubiese surgencias de agua que exijan ser drenadas, se sugiere la inclusión del sistema asociado al sistema de monitoreo ambiental del relleno sanitario.

h) Sistema de drenaje de gases

El sistema de drenaje de gases tiene la función de dar salida a los gases provenientes de la descomposición de la materia orgánica resultantes del proceso de digestión, evitando su migración a través de los medios porosos que constituyen el subsuelo, de manera que no lleguen a redes de desagüe, fosas, pozos y viviendas.

La migración de los gases debe ser controlada a través de la construcción de una red adecuada, constituida por tubos de cemento perforados verticales, colocados en puntos escogidos del relleno. Estos tubos atraviesan todo el relleno en sentido vertical, desde el suelo hasta las capas superiores.

Asociados a los tubos verticales se proyectan tubos horizontales y oblicuos, que facilitan un drenaje más eficiente de la masa de residuos. Estos tubos pueden estar conectados al sistema de drenaje de percolados, dependiendo de la alternativa de solución de tratamiento adoptada para el relleno sanitario.

i) Análisis de estabilidad de los macizos de tierra y de los residuos sólidos dispuestos

La estabilidad de los macizos de tierra, de la base y de la masa de los residuos sólidos dispuestos en el relleno sanitario debe ser analizada a partir de parámetros y métodos de análisis adecuados al sitio, por consultores especializados en la materia.

Con el análisis de estabilidad se pretende definir la geometría definitiva del relleno y sus entornos, con criterios de seguridad adecuados para obras civiles.

Un factor básico que se debe tener en cuenta es la influencia de los líquidos y gases en la estabilidad de los taludes.

j) Sistema de recolección y tratamiento de los líquidos percolados

Una de las formas para minimizar el impacto ambiental causado por el entierro de residuos sólidos, es la recolección y tratamiento de los líquidos percolados.

La recolección se realiza por medio de tubos perforados con piedra picada, quienes conducen los líquidos hasta piletas de acumulación, de donde son enviados a un tratamiento conveniente.

Los procesos de tratamiento empleados en la actualidad son²⁹:

- **recirculación o riego:** estos sistemas están fundamentados en procesos de infiltración y percolado de los líquidos a través de la masa de residuos sólidos, en un sistema de recirculación de percolados.

- **tratamiento en lagunas de estabilización:** este sistema se basa en la biodegradación de la materia orgánica contenida en el residuo líquido por la acción de dos grupos de bacterias: aeróbicas y anaeróbicas.

- **tratamiento por procesos químicos:** los líquidos de rellenos sanitarios pueden

tratarse mediante procesos que implican reacciones químicas como, por ejemplo, hidrólisis enzimática e hidrólisis ácida.

- **tratamiento por filtros biológicos:** el fundamento científico de los filtros está condicionado a la descarga continua o intermitente de líquidos contaminados a través de un medio biológico activado. Existen dos tipos de filtros, según la actividad biológica: aeróbico y anaeróbico.

- **tratamiento por proceso fotosintético:** a pesar de que este proceso está en fase de prueba, los resultados obtenidos con la bora (*Eichhornea azúrea*, *E. crassipes*), una planta acuática que absorbe nutrientes, metales y restos orgánicos presentes en aguas y desechos contaminados, son bastante promisorios, por la posibilidad múltiple de tratar los desechos líquidos y producir biomasa, que se puede transformar en fertilizante, combustible o alimento animal.

*El mejor proceso y su dimensionamiento
está asociado a la alternativa de tratamiento de los residuos
adoptada para el relleno sanitario.*

En el relleno sanitario deberá siempre estar previsto un sistema de recolección y tratamiento de los líquidos percolados, no siendo admisible su descarga en cursos de agua fuera de los patrones normalizados.

El proyecto adecuado de la instalación a ser implantada en el relleno sanitario dependerá de las características y la cantidad de líquidos percolados que se generen en éste.

k) Sistema de tratamiento de gases

A pesar de sus fallas, en las últimas décadas se han venido ensayando muchos métodos para explotar el gas metano de los rellenos sanitarios en todo el mundo. Estos procesos deben ser estudiados con mayor profundidad para que las imprecisiones sean, en un futuro próximo, minimizadas.

Los principales problemas con esos métodos están relacionados con la capacidad real de producción y recuperación del gas, la imposibilidad de un control perfecto de ciertos parámetros como la humedad, el pH, el potencial de óxido-reducción, la temperatura, el tipo de sólidos volátiles y la presencia de sustancias inhibitoras del proceso biológico en la masa de los residuos sólidos, además de otros elementos de no menor importancia.

El proceso de tratamiento más común utilizado hasta la fecha es la quema de los gases provenientes del relleno, en los propios tubos colectores de gases.

l) Sistema de monitoreo

El sistema de monitoreo tiene la función de conocer y evaluar, a través de un sistema de control continuo y sistemático, el impacto causado por el relleno sanitario. Consta de monitoreo geotécnico y ambiental.

El sistema de monitoreo geotécnico consiste en:

- control de desplazamientos horizontales y verticales;
- control del nivel de lixiviado y de la presión de los gases en el cuerpo del relleno;
- control de la descarga de lixiviado a través de los drenajes;
- programación de inspecciones periódicas en el sitio.

El sistema de monitoreo ambiental consiste en:

- control de la calidad de las aguas subterráneas;
- control de la calidad de las aguas superficiales;
- control de la calidad del aire;
- control de la contaminación del suelo;
- control de los agentes propagadores de enfermedades.

El monitoreo se deberá llevar a cabo por medio de la construcción de pozos de control,

instalación de piezómetros, medidores de desplazamientos horizontales y verticales, medidores de descarga, análisis físico-químicos y biológicos.

La frecuencia de la toma de muestras para los análisis, al igual que la técnica y los métodos de muestreo utilizados, son indicados por los organismos de control ambiental.

La frecuencia de la lectura de las referencias superficiales (desplazamientos verticales y horizontales), piezómetros, inclinómetros y medidores de descarga, se deberá definir en el proyecto.

m) Cierre final del relleno

El sistema plantea la concepción de un plan de clausura del relleno sanitario, la recuperación del área utilizada y su ocupación final.

El dimensionamiento del sistema de clausura del relleno sanitario está en función del tratamiento de los residuos adoptado durante la vida útil del mismo.

Los drenajes que rodean el área rellena, las vías de acceso y los sistemas de monitoreo deberán mantenerse funcionando aún después del cierre del relleno sanitario. Los sistemas de drenaje y tratamiento de los líquidos percolados y de los gases, deberán igualmente funcionar durante todo el tiempo que los líquidos y gases presenten un potencial de contaminación.

La cobertura final de tierra se deberá colocar de modo que evite el surgimiento de agentes patógenos y la filtración indebida de líquidos y gases.

El monitoreo deberá ser mantenido, las lecturas deberán realizarse periódicamente hasta la estabilización definitiva de la masa de residuos.

7.4 Documento básico del proyecto

El documento básico del proyecto de un relleno sanitario está compuesto de:

- diseños y planos;
- especificaciones técnicas, costos y cronogramas;
- informes descriptivos y memorias de cálculo.

Diseños y planos

El proyecto de un relleno sanitario varía de un sitio a otro, según las características intrínsecas de cada lugar. Sin embargo, como mínimo, son necesarios los siguientes planos:

- plano de situación y localización;
- plano horizontal, o vista superior;
- detalles de ejecución de las celdas de residuos sólidos;
- perfiles longitudinales y transversales;
- detalles del área administrativa, balanza, etc.;
- plano del sistema de drenaje superficial;
- detalles del sistema de drenaje superficial;
- plano del sistema de drenaje de lixiviado;
- detalles del sistema de drenaje de lixiviado;
- plano del sistema de drenaje subterráneo;
- detalles del sistema de drenaje subterráneo;
- plano del sistema de drenaje de gases;
- detalles del sistema de drenaje de gases;
- plano del sistema de recolección y tratamiento de lixiviado;
- detalles de las piletas de tratamiento, lagunas, etc.;
- detalles de las áreas de emergencia;
- plano de ubicación de las perforaciones de sondeo;
- plano y detalles de monitoreo;
- plano de los detalles y especificaciones técnicas de cierre del relleno;

- *as built* (levantamiento histórico de todos los detalles de construcción del emprendimiento);
- otros detalles.

Especificaciones técnicas

La especificaciones técnicas se pueden considerar como las prescripciones para el control tecnológico de la ejecución de los elementos que constituyen el proyecto. Items o parámetros que se pueden medir o calificar, y en los que el resultado de la medida o calificación se evalúa si está dentro de lo calculado. La conformidad de la construcción con las especificaciones técnicas garantizará el funcionamiento deseado y proyectado del relleno sanitario.

Cronograma y previsión de costos

Se debe presentar un cronograma del desarrollo de los trabajos, donde todas las fases de ejecución estén previstas. Se deberá proceder del mismo modo con los costos, que necesitan ser presentados en detalle, tanto los de implantación, como los de operación, de mantenimiento, de materiales y otros costos eventuales.

Informes descriptivos y memorias de cálculo

Presentar en detalle la concepción del proyecto y los cálculos de dimensionamiento de las diversas partes de las obras, debidamente justificados y documentados.

7.5 Orientación para la licitación

En este contexto, la intendencia tiene en general, dos alternativas para la operación del relleno sanitario: operarlo ella misma o licitarlo a terceros, en función del tamaño del área disponible para la implantación del relleno sanitario y de los recursos de la administración pública.

A priori, se debe considerar si el municipio dispone de condiciones y recursos que satisfagan las exigencias técnicas requeridas, que permiten operar directamente el sistema de disposición de los residuos sólidos.

Otra alternativa es el manejo del relleno sanitario por parte de terceros, mediante un proceso de licitación pública.

La operación de un relleno sanitario debe considerarse como la ejecución de una obra civil con un proyecto técnico definido, y no como una actividad de prestación de servicios de limpieza pública. Por lo que, las cláusulas contractuales podrán prever la ejecución del relleno en etapas, que podrán ser realizadas por empresas diferentes, a lo largo del tiempo, sin perjuicio para su desarrollo.

Esa licitación pública parte de la base de la existencia del proyecto técnico y, a partir de éste, la elaboración del llamado a concurso de licitación que constará esencialmente de:

- propósito y descripción del servicio;
- criterios para la calificación de las empresas;
- condiciones de presentación de la propuesta;
- criterios de evaluación;
- fechas:
 - entrega de las propuestas;
 - apertura y evaluación;
 - asignación del contrato;
 - plazo del contrato;
 - condiciones contractuales.

Las empresas que participan en la licitación pública, deberán estar al día con las obligaciones sociales, estar inscritas en el ente público donde será hecha la licitación, y deben satisfacer todas las exigencias referentes a capacitación técnica y financiera.

Algunas de las exigencias específicas para una licitación pública que las empresas deben presentar son:

- capital integrado de la empresa;
- relación de méritos del cuerpo técnico (curriculum vitae)
- antecedentes técnicos de obras semejantes;
- equipos;
- satisfacción de las exigencias de calidad en cuanto a especificaciones técnicas, (p.ej.: ISO 14000, NBR-8419/84 y otras);
- otras que podrán ser exigidas por la Intendencia u otros organismos.

7.6 Resumen de la Norma Técnica Brasileira NBR-8419/84 “Presentación de Proyectos de Rellenos Sanitarios de Residuos Sólidos”

I- Definiciones

A los efectos de la Presentación de Proyectos de Rellenos Sanitarios de Residuos Sólidos Urbanos son adoptadas algunas definiciones de acuerdo a lo expuesto en las Resoluciones n° 053 y n° 124 de 20/08/80, del Ministerio del Interior (Brasilero).

II- Condiciones generales

Los proyectos presentados deben, obligatoriamente, estar constituidos de las partes siguientes;

- informe descriptivo;
- informe técnico;
- cronograma de ejecución y estimativa de costos;
- diseños;
- eventuales anexos.

III- Condiciones específicas

Forman parte de las Condiciones Específicas los siguientes ítems:

1 Informe descriptivo

- informaciones catastrales;
- informaciones sobre los residuos a ser dispuestos en el relleno sanitario;
- informaciones sobre el sitio destinado para relleno sanitario;
- concepción y justificación del proyecto;
- descripción y especificación de los elementos del proyecto;
- operación del relleno sanitario;
- uso futuro del área del relleno sanitario.

2 Informe técnico

- cálculo de los elementos del proyecto;
- vida útil del relleno sanitario;
- sistema de drenaje superficial;
- sistema de drenaje y remoción del lixiviado;
- sistema de drenaje de gas;
- sistema de tratamiento del lixiviado;
- cálculo de estabilidad de los macizos de tierra y de los residuos sólidos dispuestos.

3 Presentación de la estimación de costos y de cronograma

Estimación de costos

Debe ser presentada una estimación detallada de los costos de implantación del relleno sanitario, así como de su operación y mantenimiento, especificando, entre otros, los costos de:

- equipos utilizados;
- mano de obra empleada;
- materiales utilizados;
- instalaciones y servicios de apoyo.

Cronograma

Debe ser presentado un cronograma físico-financiero para la implantación y operación del relleno sanitario.

4 Presentación de los diseños

Deben ser presentados los siguientes diseños:

- concepción general;
- indicación de las áreas de disposición de residuos sólidos;
- sistema de drenaje superficial y sub-superficial;
- sistema de drenaje de gases;
- sistema de tratamiento de lixiviado;
- representación del relleno concluido;
- cortes;
- detalles importantes.

Referencias

- 1 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Apresentação de projetos de aterros controlados de resíduos sólidos: NBR-8849/85. São Paulo, 1985.
- 2 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos: NBR-8419/84. São Paulo, 1984.
- 3 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Degradação do solo: terminologia: NBR-10703/89. São Paulo, 1989.
- 4 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Norma da ABNT para coleta de resíduos sólidos: classificação. Limpeza pública, n.41, p.21-24, abr./maio/jun/ 1993.
- 5 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Resíduos sólidos: classificação: NBR-10004. São Paulo, 1987.
- 6 BENVENUTO, C. Disposição planejada de resíduos na conservação ambiental. São Paulo: IPT, 1992. (Palestra «Contribuições para o Desenvolvimento de Vale do Ribeira e Litoral Sul», COVIDAR, Registro, jun. 1992).
- 7 BENVENUTO, C., CRUS, P.T., MIRANDA, I.C.S.B. A metodologia geotécnica aplicada à disposição dos resíduos sólidos. En: SEMINÁRIO SOBRE GEOTECNIA DE ATERROS PARA DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS, GEOAMBIENTAL 94, Rio de Janeiro, Anais...
- 8 BENVENUTO, C., CUNHA, M.A. Escorregamento em massa de lixo no Aterro Sanitário Bandeirantes em São Paulo. En: SIMPÓSIO SOBRE BARRAGENS DE REJEITOS E DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS, REGEO, 91, 1991. Rio de Janeiro. Anais...
- 9 BENVENUTO, C., MIRANDA, I.C.S.B. Solid waste destination. En: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PROBLEMAS AMBIENTAIS DOS CENTROS URBANOS, 2., 1993, São Paulo. Resumos... São Paulo: Biosfera, 1993, p.122.
- 10 BERNARDES JR., C. et al. Avaliação do impacto ambiental provocado por locais de disposição de resíduos sólidos. En: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA, 13., 1985, Maceió. Separata. São Paulo: CETESB, 1985, 29p.
- 11 CHRISTENSEN, T.H., COSSU, R., STEGMANN, R. Sanitary landfilling.
- 12 COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Aterros industriais: critérios para projeto, implantação e operação. São Paulo, 1991.
- 13 COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Manual de instruções básicas para a execução de aterro sanitário. São Paulo, 1979. Anexo 3.
- 14 COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Resíduos sólidos domésticos: tratamento e disposição final. São Paulo, 1994. (Apuntes de curso)
- 15 CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO URBANO. Limpeza pública. São Paulo, 1979. 126p.
- 16 CONSONI, A.J. Estudos geológicos para escolha de local para instalação de aterro sanitário para a disposição de resíduos sólidos urbanos no município de Guaratinguetá, SP. São Paulo: IPT, 1994. 82 p. (IPT. Relatório, 31 794).
- 17 CONSONI, A.J. Seleção de áreas para disposição de resíduos sólidos urbanos e proposta de aterro sanitário no município de Iguapé, SP. São Paulo: IPT, 1993. (IPT, Proposta, 17 558).
- 18 CUNHA, M.A., BENVENUTO, C. Principais problemas geológico-geotécnicos relacionados com a disposição de resíduos na Região Metropolitana de São Paulo. En: SIMPÓSIO DOS PROBLEMAS GEOLÓGICOS GEOTÉCNICOS NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO, 1992, São Paulo. Anais... (Relación del subtema: Geotecnia de obras civis. Seção 3).
- 19 DESIGN and operation of sanitary landfill. S.I. Kyushu International Centre, Japan International Cooperation Agency & Kita, Environmental Cooperation, s.f.
- 20 DUVEL JR., W. Solid-waste disposal: landfilling. Chemical Engineering, p.77-86, July 1979.
- 21 ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Common environmental terms. S.I.: 1977.

- 22 ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Corrective action: technologies and applications. Cincinnati, 1989. (EPA/625/4-89/020).
- 23 ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Hazardous Waste Engineering Research Laboratory, Remedial action at waste disposal sites. S.I., 1985.
- 24 ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Requirements for hazardous waste landfill design, construction, and closure. Cincinnati, 1989. (EPA/625/4-89/022).
- 25 FUNDAÇÃO ESTADUAL DE ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE. Vocabulário básico do meio ambiente. Rio de Janeiro: 1991.
- 26 GERVASONI, S. Discariche controllate. Milano: Biblioteca Tecnica Hoepli, 1991. 223 p.
- 27 LANDVA, A., KNOWLES, G.D. (ed.) Geotechnics of waste fills theory and practice. En: SYMPOSIUM ASTM COMMITTEE D-18 ON SOIL AND ROCK, 1989, Pittsburgh. Proceedings... [S.l.: s.n.], 1989.
- 28 LIMA, L.M.Q. Tratamento de lixo. São Paulo: Hemus, 1985. 240 p.
- 29 LIMA, L.M.Q., NUNES, C.R. Aterro sanitário celular. São Paulo, 1994. (em imprensa)
- 30 LIPTAK, B. Sanitary landfills: site selection and site preparation. [S.l.: s.n.].
- 31 LUZ, F.R.X. Aterro sanitário: características, limitações, tecnologia para implantação e operação. Apresentado em el SEMINÁRIO SOBRE ATERROS SANITÁRIOS, 1981 S.I.
- 32 MANDELLI, S.M.C., LIMA, L.M.Q., OJIMA, M.K. (ed.). Tratamento de resíduos sólidos: compêndio de publicações. Caixas do Sul: 1991. 291 p.
- 33 MARINI, P. Lixo: uma montanha de problemas. D.M., p.6-13, mar. 1992.
- 34 MATSUFUJI, Y. Design and operation of sanitary landfill. S.I.: Kyushu International Centre, JICA, Kita Environmental Cooperation Center, s.f., 83 p.
- 35 MATSUFUJI, Y. Technical guideline on sanitary landfill. S.I.: JICA, 1994. (JICAWJA04c).
- 36 NORMAS ABNT/CETESB. Resíduos sólidos. São Paulo: CETESB, 1988. 376 p.
- 37 O QUE é preciso saber sobre limpeza urbana. Noticiário IBAM, n.313, dic. 1991.
- 38 OPS/OMS. Catálogo de biblioteca del CEPIS. Lima: Cepis, 1984. 3.v., 2 supl.
- 39 ORTH, M.H.A., FUZARO, J.A., MORAIS, C.M.B. Aterro sanitário. São Paulo: Conselho Nacional de Desenvolvimento Urbano, CETESB, 1979. 65 p.
- 40 PRADO FILHO, J.F. Lixo urbano: formas de disposição no ambiente. Revista de Geografia, v.10, p.75-92, 1991.
- 41 PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. Secretaria de Serviço e Obras. Departamento de Limpeza Urbana. Texto básico, esquema e fotos para confecção do folheto técnico sobre as unidades de destinação final de lixo. São Paulo, 1992. 20 p.
- 42 REMAI'91: 1. Encontro para Prefeitos de Metrópoles Latino-americanas sobre Gestão e Tecnologia de Tratamento de Resíduos; 1. Amostra Internacional de Tecnologias de Tratamento de Resíduos. Projeto Reciclagem, São Paulo, v.2, n.4, p.7, 1991.
- 43 REMAI'91: apresentação de soluções para a gestão de resíduos. Projeto Reciclagem, São Paulo, v.2, n.7, p.4-5, oct. 1991.
- 44 RESÍDUOS sólidos e meio ambiente no Estado de São Paulo. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 1993. 144 p. (Série Seminários e Debates) (Encontro Técnico: Resíduos e Meio Ambiente no estado de São Paulo, 1992).
- 45 ROCCA, A.C.C. et al. Resíduos sólidos industriais: trabalho elaborado pelo corpo técnico da CETESB. 2 ed. rev. ampl. São Paulo: CETESB, 1993. 233 p.
- 46 ROHDE, G.M. Método de seleção de áreas para aterros sanitários. Porto Alegre: CIENTEC, 1989. 22 p. (CIENTEC. Boletim Técnico, 13).

- 47 SECRETARIADO MEIO AMBIENTE. Coordenadoria de Planejamento Ambiental. Manual de orientação: critérios de exigência de EIA/RIMA e roteiros para sua elaboração em relação a usinas de reciclagem e/ou compostagem, aterros para resíduos domiciliares e industriais e incineradores. São Paulo, 1991. (Serie Manuais).
- 48 SECRETARIADO MEIO AMBIENTE. Lixo: soluções ao alcance do município. São Paulo, 1989. 35 p. (Serie Manuais).
- 49 TAKAYANAGI, A.M.M. Trabalhos de saúde e meio ambiente; ação educativa do enfermeiro na conscientização para gerenciamento de resíduos sólidos. Ribeirão Preto, 1991. Tese (Ph.D.) USP. Escola de Enfermagem. São Paulo, s.f.
- 50 TRINIDADE, O.S., FIGUEIREDO, M.A.R. Aterro sanitário: aspectos estruturais e ambientais. Porto Alegre: Pallotti, 1982, 95 p.
- 51 WATANABE, M. Surge engenharia para planejar disposição de lixo das cidades. IPT Pesquisas e Serviços, São Paulo, v.4, n.31, p.4, nov.1992.
- 52 FUNDACION CIEPE. Manejo y Tratamiento de los Desechos Sólidos. Caracas, 1.994.
- 53 LEMBO, M. TERESA. Manejo de los Desechos Sólidos - Base para una Estrategia a Futuro. Caracas, 1.994.
- 54 REPUBLICA DE VENEZUELA (1.992). Decreto No. 2.211 y 2.216. Normas para el Control de la Generación y Manejo de Desechos Peligrosos y No Peligrosos. Gaceta Oficial No. 4.418 Extraordinario, 23 de abril de 1.992.
- 55 TCHOBANOGLOUS, G., THEISEN, H., VIGIL, S.A. Gestión Integral de Residuos Sólidos. McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A. 1996.
- 56 ANÁLISIS SECTORIAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN URUGUAY, Serie Análisis Sectoriales N° 7, Plan Regional de Inversiones en Ambiente y Salud. Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud - Dirección Nacional de Medio Ambiente - Agencia de la República Federal Alemana para la Cooperación Técnica (GTZ) - Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Marzo 1996.



CAPITULO V

TRATAMIENTO

Introducción

Luego de las mejoras en la recolección de los residuos sólidos y en su disposición final, quedan más claras las ventajas de las **acciones que procuran reducir la cantidad y la peligrosidad del material que se debe enterrar**. Estas acciones son llamadas de **tratamiento**.

Las ventajas son de orden ambiental y económico. En el caso de los beneficios económicos, la reducción de costos en la disposición final es la ventaja económica más apreciable.

La necesidad de tratamiento de los residuos sólidos se debe a los siguientes factores:

- escasez de áreas para la disposición final de los residuos sólidos;
- disputas por el uso de los espacios disponibles con las poblaciones vecinas de los espacios en cuestión;
- valorización de los componentes de los residuos sólidos como forma de promover la conservación de recursos;
- inertización de los residuos contaminados.

El tratamiento de los residuos se puede hacer mediante dos procedimientos:

Clasificar y separar para reciclaje los diversos componentes existentes en los residuos sólidos, con la consiguiente reducción en el volumen enterrado.

Incinerar los residuos sólidos a fin de lograr su reducción e inertización, si fuese posible con recuperación de energía.

¿Cuál modelo adoptar?

De los dos procesos de tratamiento de residuos sólidos mencionados, la **clasificación y separación para reciclaje** de materiales es la más utilizada, probablemente porque sus beneficios son más divulgados y porque además de su menor costo, permite varios grados de implantación, por ejemplo, desde un programa restringido a un barrio hasta un programa a nivel municipal.

Sin embargo, los dos modelos más que antagonistas son complementarios. Por ejemplo, con respecto a la **incineración**, si por un lado la separación le disputa materiales de alto poder calorífico, por otra parte, para que sea eficiente implica una separación previa de materia orgánica (que contiene mucha humedad) y de otros materiales que pueden ser perjudiciales para el incinerador.

En este Manual se hace referencia al primer proceso como “clasificación de residuos” pues es la terminología más preponderante que de hecho se utiliza en nuestro país. Estrictamente el proceso implica las dos acciones: ubicar de qué clase o tipo es el residuo (clasificar) y agrupar/apartar según tipo (separar).

En primera y decisiva instancia, los tratamientos pretenden la reducción de los volúmenes enterrados y pretenden cambios en la composición de lo que efectivamente va a ser dispuesto, logrando así, reducciones contabilizables de los costos de disposición final en rellenos sanitarios.

Salvo excepciones, los retornos financieros directos (venta de reciclables, materia orgánica o inclusive de energía) amortiguan sólo parte de los costos del tratamiento (instalación y operación).

Independientemente del (de los) tratamiento(s) elegidos(s) siempre quedará un residuo que deberá tener una disposición final en relleno sanitario (Capítulo IV)

Los dos procesos serán presentados en el siguiente orden:

Parte 1 Clasificación de residuos sólidos

Parte 2 Reciclaje de la materia orgánica - Compostaje

Parte 3 Reciclaje de otros componentes:

3.1 Papel

3.2 Plástico

3.3 Vidrio

3.4 Metal

3.5 Escombros

3.6 Otros materiales

Parte 4 Incineración

Parte 1 Clasificación de residuos sólidos

1 Mercado: la clave

La separación de materiales de los residuos sólidos tiene como objetivo principal el reciclaje de sus componentes.

RECICLAJE

Es el resultado de una serie de actividades mediante las cuales materiales que pasarían a ser residuos, o que ya son residuos, son desviados, siendo separados, recolectados y procesados para ser usados como materia prima en la manufactura de artículos que anteriormente se elaboraban sólo con materia prima virgen.

Ventajas del reciclaje

- Disminuye la cantidad de residuos sólidos que se debe enterrar (por lo tanto aumenta la vida útil de los rellenos sanitarios);
- preserva los recursos naturales;
- economiza energía;
- disminuye la contaminación del aire y de las aguas;
- genera empleos, mediante la creación de industrias recicladoras.

El reciclaje, de todos modos, no puede ser visto como la principal solución para los residuos sólidos. Es una actividad económica que se debe abordar como un elemento dentro de un conjunto de soluciones. Estas se integran en la gestión o manejo de los residuos sólidos, ya que no todos los materiales son técnica o económicamente reciclables.

La clasificación de componentes de los residuos sólidos aumenta la oferta de materiales reciclables. Sin embargo, si por parte de la sociedad no existe demanda de productos reciclados, el proceso se interrumpe, los materiales se amontonan en los depósitos y, finalmente son enterrados o incinerados como desechos.

Clasificar y separar materiales sin mercado es enterrarlos por separado.

Antes de que una intendencia decida si va a estimular o implantar una clasificación de materiales con miras al reciclaje, es importante verificar si en la zona existen flujos a través de los cuales puedan circular esos materiales (venta o donación).

El análisis del mercado indicará cuáles son los productos de los residuos sólidos que se podrán reciclar industrialmente. De nada servirá proceder a la selección del vidrio, por ejemplo, sea a través de la recolección selectiva o de la clasificación realizada en una planta de reciclaje, si no existe demanda para el aprovechamiento industrial de ese material.

Las asociaciones de empresas, organizadas de acuerdo con el tipo de producto fabricado, son una buena referencia en una investigación de mercado.

Siempre que sea posible, la venta de los materiales reciclables debe ser hecha a varias empresas. Esa es una manera de promover la competencia de precios entre los compradores. Cuando la venta sea realizada por la propia intendencia, se aconseja la práctica de subastas.

Es importante recordar que existe una madurez de precios para la venta, y que esta no es igual para todos los tipos de materiales. Por lo que se aconseja la planificación de la existencia de materiales.

Es necesario contar con un local para el almacenamiento del material recolectado, dado que la fluctuación en el mercado comprador hace desfavorable el flujo continuo de salida de los materiales. Los programas que obtienen los mejores rendimientos, según

CEMPRE Brasil, son aquellos que consiguen almacenar los materiales para venderlos cuando los precios están en el máximo.

2 Formas de actuación

La intendencia cuenta con tres formas para impulsar el reciclaje en su municipio, pudiendo optar por una o cualquier combinación de las tres.

La intendencia puede ser el agente:

- incentivador de acciones para el reciclaje;
- implementador de acciones para el reciclaje (a través de la recolección selectiva o una planta clasificadora);
- consumidor de productos reciclados.

Incentivar el reciclaje

La actuación de la intendencia como agente incentivador refuerza su posición como gestor del desarrollo municipal. Podrá optimizar su efectivo de mano de obra y de equipo, al mismo tiempo que dinamiza al sector privado mediante la inserción y el refuerzo de éste en las actividades de reciclaje. En un momento en que tanto se habla de tercerización y co-gestión de los servicios públicos, esa medida podría ser una más que la administración local incorpora, buscando volverse más ágil y eficiente.

Para incentivar las actividades de reciclaje de los residuos sólidos, la intendencia podrá actuar en las siguientes líneas:

- registro de depósitos (chatarreros);
- desarrollo de programas específicos a fin de disciplinar la acción de los clasificadores informales (hurgadores);
- permiso de uso de terrenos públicos municipales ociosos, como espacios para la clasificación de materiales reciclables, recolectados por iniciativa de grupos organizados de la comunidad;
- organización de campañas de donación de ropa y objetos que puedan ser reutilizados por personas necesitadas;
- creación de espacios (galpones) propicios para el trueque de objetos y muebles que la gente no quiere más. Los interesados podrían dejar las piezas en consignación, y la intendencia quedaría como única responsable de la administración de ese «mercado», o tercerizando esa actividad;
- reducción de impuestos para la implantación de industrias recicladoras no contaminantes en el municipio;
- apoyo a la organización de una bolsa de residuos industriales. Aunque la disposición de los residuos industriales no sea de competencia directa de la administración pública local, es una manera más de incentivar al sector privado para que participe en programas de Reducción - Reuso - Reciclaje, reduciendo también el volumen final de los residuos sólidos que se desechan en el municipio. Las bolsas de residuos industriales funcionan como canales directos entre una fuente generadora, que desea deshacerse de sus residuos, y una empresa o industria para la cual aquel residuo es una materia prima.

Implantar acciones para el reciclaje

Como agente de medidas directas y concretas para el desarrollo del reciclaje de residuos sólidos, la intendencia podrá actuar en las siguientes líneas:

- implantación de recolección selectiva;
- construcción y gestión de empresas de reciclaje y compostaje;
- financiamiento de los servicios de aseo urbano y programas especiales de reciclaje;
- entrenamiento y capacitación de los empleados municipales involucrados con los servicios de aseo urbano y recolección selectiva;
- institución de una coordinación municipal de reciclaje;
- institución de consorcios intermunicipales.

Consumir productos reciclados

La intendencia puede ser un agente consumidor de productos reciclados.

Las iniciativas pueden partir inclusive desde el propio poder legislativo municipal, estableciendo, por medio de normas, la obligatoriedad del uso de papel reciclado en las oficinas públicas. Antes, sin embargo, se debe proceder a un estudio de mercado para conocer si las industrias recicladoras locales tienen capacidad real para abastecer el mercado a precios competitivos. Sin esta premisa, y peor, si no existen industrias que trabajen con reciclados, se imposibilita cualquier proyecto de esta clase aunque existan leyes o decretos municipales que obliguen al uso de material reciclado en las intendencias.

Se pueden citar algunos ejemplos de materiales reciclados que podrían utilizar las intendencias en sus pedidos de rutina, tales como:

- papel reciclado, usado en las dependencias públicas como papel borrador, papel para oficios, folletos diversos, publicación del diario oficial, cuadernos para las escuelas;
- escombros de obras luego de triturados, sirven como agregado para la confección de piezas de mobiliario urbano y habitacional;
- residuos sólidos orgánicos transformados en abono orgánico mediante el proceso de compostaje, podrá utilizarse para abonar áreas verdes en parques, plazas, paseos, etc.;
- lámina (film) plástica reciclada (bolsas para residuos sólidos, negras en general), usada en el propio sector del aseo urbano (barrido de sitios públicos);
- escoria de altos hornos de siderurgia, usada en la confección de la base en la pavimentación de vías. Solución ventajosa para los municipios que tengan instalada, en su territorio o en su proximidad, una industria siderúrgica;
- goma de cubiertas viejas molidas, para asfaltar calles.

En el extranjero existen ejemplos que ilustran el poder económico del gobierno en impulsar este mercado. El gobierno norteamericano aprobó una ley que exige el uso de goma reciclada de cubiertas en la pavimentación de calles y carreteras. La inclusión de un 5% de goma triturada en el asfalto no causa ningún perjuicio operacional, y en cambio sí contribuye a aliviar a los basureros de este artículo voluminoso. Mejor todavía: ayuda a acabar con la quema incontrolada de cubiertas que contamina el aire. El gobierno del Estado de Illinois, de la misma nación norteamericana, se comprometió a comprar matrículas para autos hechas de plástico reciclado. Las compras de papel para uso de los gobiernos norteamericano y francés establecen metas mínimas de contenido reciclado, siempre que haya compatibilidad en los precios.

Algunos controles necesarios

Para el monitoreo de la recolección y la comercialización de productos reciclados son necesarios algunos controles, a saber:

- tonelaje total recolectado diariamente;
- tonelaje de material almacenado;
- tonelaje de material vendido;
- tonelaje de material desechado;
- total de horas de trabajo de los camiones;
- total de kilómetros recorridos;
- consumo de combustible.

Acciones para un programa de reciclaje:

- planificar todo el sistema;
- conocer los residuos sólidos;
- estimar los costos;
- estudio de mercado;

- contactar depósitos y fabricantes;
- ayudar en la gestión técnica y administrativa;
- acompañar el retorno de los beneficios a la comunidad.

3 Procedimientos para la clasificación de residuos sólidos urbanos

Los dos caminos de clasificación para el reciclaje

Cuando una intendencia opta por un programa de reciclaje, debe tomar una decisión estratégica en relación con el proceso de separación / o de clasificación de los materiales que serán reciclados. Este proceso podrá instrumentarse por alguno de estos dos procedimientos:

- clasificación de los materiales en origen*, por el generador (población) con posterior recolección selectiva y envío a una planta de clasificación;
- clasificación de los materiales, después de la recolección normal y el transporte de los residuos sólidos, en plantas de clasificación.

* : "en origen" indica que es en el mismo sitio donde se generan los residuos, por ejemplo, en cada hogar, escuela, oficina, etc.

3.1 Recolección selectiva

La recolección selectiva consiste en la clasificación en origen de los componentes que pueden ser recuperados, mediante un acondicionamiento distinto para cada componente o grupo de componentes. Por lo que cuando se realiza la recolección, ésta debe ser de tal modo que mantiene la selección que ya se hizo, no mezclando tipos de materiales.

La recolección selectiva debe estar basada en el trío:

Tecnología, para efectuar la recolección, clasificación y el reciclaje.

Información, para motivar al ciudadano.

Mercado, para que absorba el material recuperado.

Requisitos para que haya recolección selectiva:

- debe existir un mercado para los materiales reciclables;
- el ciudadano debe estar conciente de las ventajas de los costos y debe querer cooperar.

Aspectos favorables de la recolección selectiva

- Calidad de los materiales recuperados buena pues no están contaminados con otros materiales presentes en los residuos sólidos;
- estímulo a la ciudadanía, pues la participación popular refuerza el espíritu comunitario;
- mayor flexibilidad, debido a que permite comenzar en pequeña escala y ampliarse gradualmente;
- posibilidad de asociaciones entre clasificadores informales, empresas, organizaciones ambientalistas, escuelas, depósitos (chatarros), etc.;
- reducción del volumen de los residuos sólidos que deben ser dispuestos.

Aspectos desfavorables de la recolección selectiva

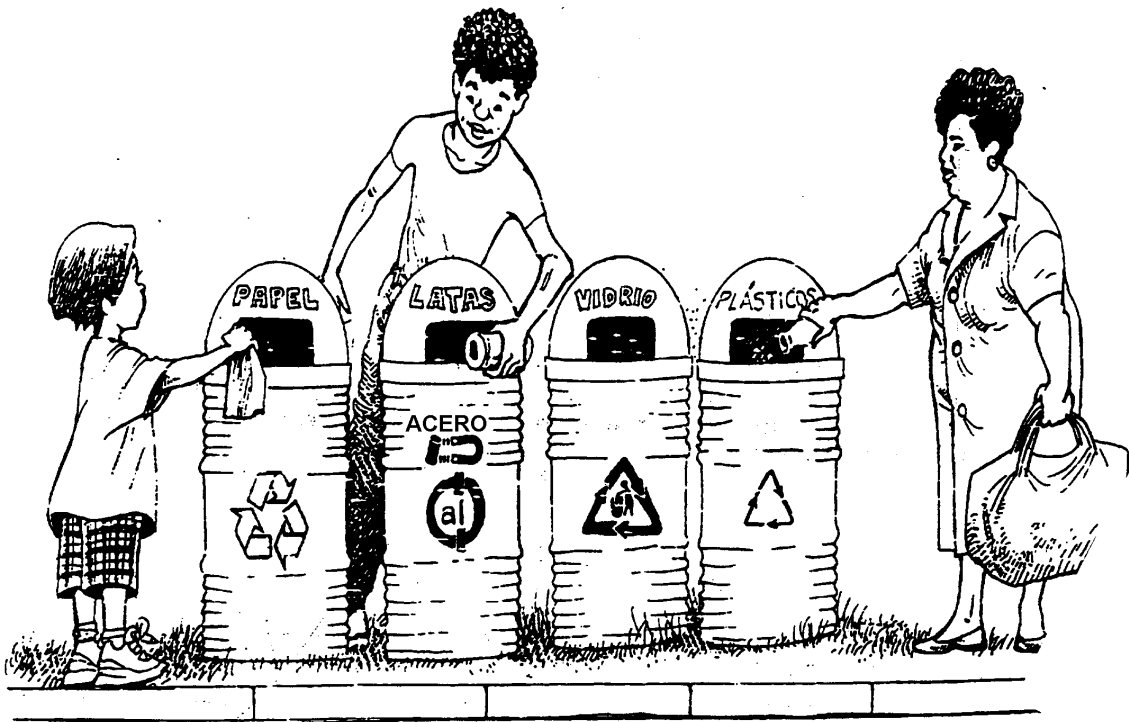
- Necesidad de camiones especiales que pasen en días diferentes de los de recolección convencional, y por consiguiente, mayor costo en los ítems recolección y transporte. Este costo es mucho mayor que el de la recolección convencional;
- necesidad, inclusive con la clasificación en origen, de un centro de clasificación donde los materiales reciclables sean separados por tipo.

La operación de recolección selectiva puede ser:

- domiciliaria, realizada por un camión pasando semanalmente, o periódicamente, recolectando alguna clase de materiales. Esta operación se la identifica como Preclasificación Domiciliaria;
- a través de Puestos de Entrega Voluntaria (PEVs), consistiendo en recipientes especiales, cajones ó contenedores de diferentes formas y colores, instalados en puntos estratégicos donde la población pueda llevar los materiales previamente separados, según se muestra en la Figura 1.

Puestos de Entrega Voluntaria - PEVs	
Color del contenedor	Material
Azul	Papel
Amarillo	Metal
Verde	Vidrio
Rojo	Plástico

FIGURA 1
Puestos de Entrega Voluntaria



EDUCACIÓN AMBIENTAL

La educación ambiental es una pieza fundamental para el éxito de cualquier programa de recolección selectiva. Esta educación, que en este caso se propone enseñar al ciudadano sobre su papel como generador de residuos sólidos, está dirigida principalmente a las escuelas, pero sin dejar de abarcar a la comunidad entera, o sea:

- escuelas;
- dependencias públicas;
- residencias;
- fábricas;
- tiendas y comercios;
- otros lugares donde la ciudadanía genere residuos sólidos.

Cuando la población está conciente de su poder o deber de separar los residuos sólidos, pasará a contribuir más activamente en el programa. Con esto, habrá un desvío cada vez mayor de materiales que antes iban para el relleno sanitario - y una economía de recursos.

La información sobre la realización de la recolección selectiva debe divulgarse regularmente:

- en las escuelas se puede canalizar a través de manuales y actividades lúdicas;
- para la población en general, con énfasis sobre conserjes, empleadas domésticas, etc., necesita ser más específica, abordando por ejemplo, lo que se debe separar; los días y horarios de recolección; las formas de acondicionamiento, etc.;
- para el público en general, informando sobre los rendimientos, beneficios y metas.

Una recolección selectiva sin una extensa educación ambiental, cae en la misma desgracia que una película sin publicidad o sin título: nadie la va a conocer, lo que llevará la iniciativa al fracaso. Peor todavía: las supuestas economías por no gastar en campañas educativas, quedan rebasadas por costos altísimos de camiones para la recolección selectiva que circulan vacíos.

CEMPRE Brasil comprobó que los programas de recolección selectiva que más invirtieron en campañas de educación ambiental, son los que tienen menores costos. Esto se debe a que la comunidad, bombardeada continuamente por información dirigida hacia el reciclaje, pasa a llenar los camiones con material reciclable, y de este modo se reducen los costos operacionales por camión.

Uno de los principios básicos de la educación ambiental sobre residuos sólidos, es el **Concepto de las 3 R: Reducir, Reutilizar, Reciclar**.

Reducir: el ciudadano debe aprender a reducir al máximo la cantidad de residuos sólidos que genera. Debe entender que «reducir» no significa una forma de vida menos agradable. Es simplemente cuestión de reordenar los materiales que usamos a diario.

Una de las formas de intentar reducir la cantidad de residuos sólidos, es combatiendo el desperdicio de productos y alimentos consumidos.

Cuando este desperdicio se vuelve una carga para el Poder Público y para el contribuyente, la reducción del volumen de residuos sólidos significará una reducción de costos, además de un factor decisivo para la conservación de los recursos naturales.

Menos residuos sólidos generados significará también una estructura menor de recolección, y a su vez una reducción de costos en la disposición final.

Reutilizar: existe un sinnúmero de formas de reutilizar los mismos objetos, hasta por motivos económicos. Escribir en ambas caras de la hoja de papel, usar de nuevo las bolsas plásticas, y aprovechar para otros fines los sobres ya usados, son sólo algunos ejemplos.

Una rama del comercio formal ya contribuye a esa práctica, en la medida en que hay vendedores que trabajan con libros y discos usados, mientras otros negocios comercializan desde ropa, muebles y autos de segunda mano.

Reciclar: el reciclaje forma el tercer punto del trío, y es la última alternativa que queda, cuando ya no es posible reducir ni reutilizar.

La recolección selectiva en Uruguay

Según el relevamiento realizado por el Proyecto de Clasificación y Reciclo de Residuos Sólidos, de la Intendencia Municipal de Montevideo y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo⁶³, en el Uruguay existen o existieron las siguientes experiencias de preclasificación domiciliaria:

DEPARTAMENTO	CIUDAD	ORGANIZACIONES INVOLUCRADAS
Colonia	Colonia Valdense Nueva Helvecia (Colonia Suiza) Rosario Tarariras Juan L. Lacaze Nueva Palmira	Demaval e Intendencia Municipal de Colonia
Soriano	Dolores	Asociación Dolores de Conservación Ambiental y Junta Local
Tacuarembó	Paso de los Toros	ONG Vida y Junta Local Autónoma de Paso de los Toros
Montevideo	Buceo	Cooperativa COVIN 5 y Complejo Habitacional 99, ONG Juventud para Cristo
	Pocitos	Colegio Alemán y Organización San Vicente
	Cerro Bajo Valencia	IPRU, vecinos, grupo de jóvenes
	La Teja	Asociación Cristiana de Jóvenes, Complejo Habitacional 53 y Barrio Obrero.

El análisis comparativo de las experiencias de Montevideo y el resto del país, que en el documento del proyecto citado se expone, es el siguiente:

"Se perciben diferencias en las motivaciones para iniciar las experiencias en Montevideo y en el interior. En la capital surgen organismos (públicos o privados) que promueven la organización de los diferentes actores para desarrollar prácticas en torno al residuo. Es de destacar que aquí los actores pertenecen a diferentes sectores sociales, y que ha de llevarse a cabo un proceso de relacionamiento entre los más pobres y los vecinos de clase media o media-alta. Este proceso es el que inicia la ONG, acompañando luego la experiencia hasta su finalización."

"En el interior, en cambio, son los mismos vecinos que se organizan en grupos voluntarios para llevar a cabo acciones de mejoramiento de su medio ambiente. Ellos involucran luego a los respectivos organismos públicos de limpieza urbana para colaborar con su iniciativa, de los que obtienen diferentes respuestas. La relación es más directa vecinos - municipio, o sociedad civil - Estado, y muy ocasionalmente aparece la pobreza o los sectores marginados como actores del sistema o integrados al manejo del residuo. En todo caso, se asigna al empleado municipal recolector la tarea de clasificación."

En Montevideo la existencia de clasificadores como presencia de los sectores más pobres de la ciudad, introduce un nuevo relacionamiento entre los vecinos y el municipio, en torno al manejo del residuo. Si bien ni uno ni otro es directamente responsable de la pobreza, surgen diferentes respuestas solidarias a su situación. La clasificación domiciliar es una tarea de los vecinos que permite desarrollar esa solidaridad, combinando la mejora del medio ambiente con cierta mejora en las condiciones de trabajo de los del carrito”.

En el interior no se ha desarrollado la asociación entre basura y pobreza, ni la clasificación y reciclado de residuos como una estrategia de sobrevivencia. Los pobres mantienen otras formas de solidaridad que sostienen su dignidad, mientras en Montevideo, desde las condiciones de vivienda hasta las formas de alimentación muestran la degradación humana a la que ha llegado la pobreza.

Por último, tanto en el interior como en Montevideo, se percibe una alta participación del sistema educativo en las propuestas que se vinculan al cuidado y mejoramiento del medio ambiente. Tanto en las Escuelas, Colegios, Liceos y Universidad, los profesores y/o maestros se motivan en estos temas, integrando en Montevideo en varias oportunidades a los clasificadores como parte de la propuesta de reciclar para cuidar el medio ambiente.

Es importante el seguimiento del desarrollo de esta “cultura del reciclado” en el interior, ya que existe una alta potencialidad de estas experiencias para vincularlas a nuevos proyectos.”

La recolección selectiva en Brasil

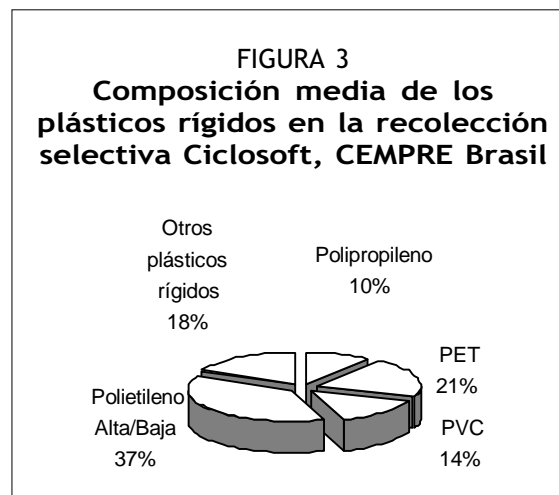
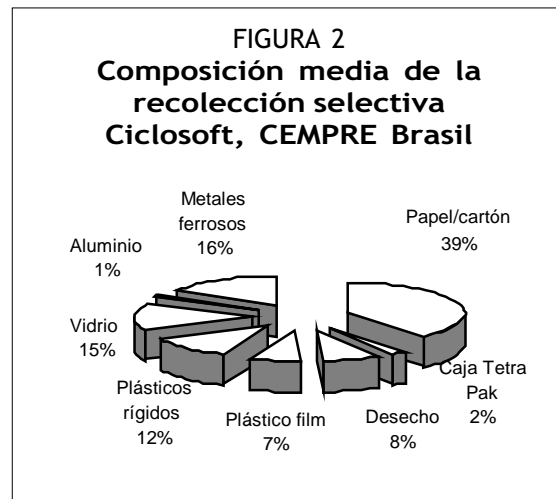
En 1994, el cuestionario IPT/CEMPRE sobre residuos sólidos, constató la existencia de 82 programas de recolección selectiva operados por las intendencias. Estos programas se concentran en los estados de São Paulo (26 programas), Rio Grande do Sul (12), Paraná (8), Minas Gerais (8), Santa Catarina (7), Bahia (4), Pernambuco (4), Rio de Janeiro (4), Espírito Santo (2), Paraíba (2), Acre (1), Brasilia (1), Goiás (1), Mato Grosso do Sul (1), Pará (1). Casi todos estos programas fueron iniciados a partir de 1990, y la tendencia es de crecimiento.

Estos programas de recolección selectiva, detectados por el cuestionario, son encontrados tanto en pequeñas comunidades, como también en las mayores capitales del país. El cuadro que sigue indica el número de municipios con recolección selectiva, en relación con la faja poblacional.

Faja poblacional (cantidad de habitantes)	Nro. de municipios con recolección selectiva
Menor que 20.000	17
Entre 20.001 y 50.000	16
Entre 50.001 y 100.000	14
Entre 100.001 y 300.000	17
Entre 300.001 y 600.000	7
Mayor que 600.000	11

Para evaluar el desempeño de estos programas, CEMPRE Brasil desarrolló desde 1992 hasta el final de 1994, una línea de investigaciones llamada Ciclossoft, que contó con la colaboración de las prefecturas de ocho ciudades. Fueron hechos relevamientos hasta esa fecha en: Curitiba, Florianópolis, Porto Alegre, Salvador, Santo André, Santos, São José dos Campos y São Paulo.

Ciclossoft compiló una media entre estas ciudades, de la composición de los reciclables separados por las comunidades que participaron de los programas. El ítem mayor fue el conjunto papel/cartón; sin embargo, lo que más crece con el tiempo es el plástico. Dentro del ítem plásticos rígidos, fue hecha una subdivisión de los tipos de resinas encontradas.



Un punto bastante desanimador es el poco impacto de estos programas. La tasa de desvío (la proporción de residuos de los barrios donde hay recolección selectiva que es efectivamente reciclada por el programa) es de 4.6% en peso. El valor máximo encontrado fue de 10.7%. CEMPRE Brasil estima el potencial máximo en 25%, teniendo en cuenta que cerca de la mitad de los residuos sólidos urbanos brasileiros están compuestos por materia orgánica.

Otro resultado concluido por el Ciclosoft fue el alto costo de los programas. El costo medio, medido por tonelada recolectada, es de US\$ 240. El ingreso medio por tonelada vendida es de US\$ 30. Por lo tanto, los programas de recolección selectiva están lejos de ser lucrativos para prefecturas; por el contrario, por cada US\$ 10 de gastos en ellos, el ingreso medio es de US\$ 1,30.

La economía en el vertedero, o en el relleno, es poca por dos motivos: primero, porque la tasa de desvío es baja, y segundo porque el costo de operación del vertedero (en la mayoría de los casos) o del relleno es muy bajo.

Es importante resaltar que en este análisis de Ciclosoft no fueron considerados las ventajas en la educación ambiental y en los cambios de comportamiento por los consumidores. Estos retornos no son medibles en términos económicos y duran años después de la implantación.

Enfoque económico-financiero de la recolección selectiva

Desde el punto de vista estrictamente financiero, la viabilidad de un sistema de recolección selectiva se puede determinar a través de un análisis costo-beneficio. Se clasifican los costos en: costos de capital y costos de operación y mantenimiento (costos de O&M).

Los costos de capital comprenden terrenos, instalaciones, vehículos, conjuntos de recipientes para la recolección selectiva, proyecto del sistema y demás costos iniciales.

Los costos de O&M comprenden: salarios y cargas sociales, combustibles y lubricantes, agua, energía, seguros, permisos, mantenimiento, administración, propaganda, servicios de terceros, alquiler y contratación de equipos, etc.

Los beneficios se clasifican en ingresos y ahorros. Los ingresos son el resultado de la venta de los materiales recolectados. Los ahorros corresponden a la reducción en el costo de traslado y disposición final de esos materiales. Cuanto más materiales se desvían del relleno, mayor es el ahorro para la intendencia.

El análisis de costo-beneficio se hace de la manera siguiente:

- se determina el período de tiempo que se debe contabilizar (generalmente, un año);
- se determina la vida útil del emprendimiento, expresada en número de períodos;
- para cada período se proyectan los costos de O&M y los ingresos esperados. El resultado líquido de cada período se transfiere al valor de la época en que la inversión inicial (costos de capital) fue realizada.
- se compara la relación entre la suma de los ingresos y la de los costos involucrados.

Midiendo las ganancias de la recolección selectiva

Como la meta principal de un programa de recolección selectiva es la reducción de la cantidad de residuos sólidos enterrados, es importante medir su impacto. El número que resulta de ese cálculo se llama "tasa de desviación de residuos sólidos".

Para calcular la tasa de desviación de residuos sólidos, se debe usar como base la generación de residuos sólidos domiciliaria de los barrios donde hay recolección selectiva. Una vez obtenido el total de los residuos sólidos recolectados, normalmente generados por esos barrios, se debe comparar esa cifra con el total recolectado por el programa especial, de la siguiente forma:

$$\frac{\text{toneladas/mes de recolección selectiva}}{\text{t/mes de recolección selectiva} + \text{t/mes de recolección regular}} \times 100 = \% \text{ de materiales desviados del relleno}$$

La media brasilera, ponderada por CEMPRE Brasil, entre 1992 y 1994, en ocho ciudades, es de una tasa de desvío de residuos sólidos de 4.6% en los barrios donde había recolección selectiva. Esta cifra se refiere a la recolección oficial de reciclables, no incluyendo la recolección informal por los hurgadores en la calle. En el caso de los hurgadores, la tasa de desvío en algunas ciudades es cuatro veces mayor que la media citada.

Esta tasa de desvío informal, sin embargo, incluye residuos que el camión de la intendencia no consigue levantar porque, normalmente, los hurgadores tienen acceso a los materiales antes. Por lo tanto, es difícil calcular la tasa de desvío cuando hay clasificación informal.

Es importante observar que el análisis costo-beneficio no es el único indicador de factibilidad, ya que no toma en cuenta los beneficios sociales y ambientales que derivan del reciclaje.

¿Cómo reducir los costos de la recolección selectiva?

- Darle prioridad a la divulgación - cuanto más constante sea la información, más material será separado por la comunidad;
- organizar a los hurgadores - estos pueden hacer una selección a un costo menor que la intendencia. Las cooperativas son una forma de generar más entradas para este sector de la población;
- promover las iniciativas espontáneas - la intendencia no necesita hacerlo todo. Las asociaciones de vecinos, grupos ecológicos, entidades religiosas e instituciones también pueden organizar iniciativas de recolección y educación ambiental;
- recordar que solamente algunos pocos materiales reciclables son responsables por casi la totalidad de los ingresos provenientes de la venta de materiales. Acumular reservas para las épocas de alza en los precios;
- usar la tecnología mejor y más apropiada al tamaño de la ciudad y al volumen de residuos sólidos que se debe procesar.

3.2 Clasificación en plantas

Consiste en la clasificación de los componentes de los residuos sólidos, luego de la recolección normal y el transporte a sitios apropiados o a plantas de clasificación de residuos sólidos.

Al igual que en el caso de la recolección selectiva, debe haber un mercado para los materiales reciclables, tanto orgánicos como inorgánicos.

Plantas de clasificación/compostaje

Es corriente que exista, junto a la planta de clasificación, compostaje de la fracción orgánica, la que representa más de la mitad de los residuos sólidos urbanos.

Una planta de clasificación puede existir independientemente de que haya o no compostaje. Sin embargo, el compostaje exige una clasificación previa de los residuos. Las plantas de clasificación/compostaje ofrecen una manera para reducir sensiblemente la cantidad de residuos enviados al relleno, alcanzando tasas de 50% cuando son bien gestionadas.

La instalación de una planta de clasificación, sin el compostaje de la fracción orgánica de los residuos sólidos, puede llegar a ser un proceso oneroso y sin gran utilidad desde el punto de vista ambiental.

Aspectos favorables

- No exigen alteración del sistema tradicional de recolección, sino sólo un cambio en el destino del camión que pasa a ser la planta de clasificación, en lugar de seguir derecho hacia el vertedero o el relleno sanitario;
- posibilita el aprovechamiento de la fracción orgánica de los residuos sólidos, a través de su compostaje.

Aspectos desfavorables

- Inversión inicial en equipos que van a constituir la planta (existen varios tipos de equipos de separación, y todavía se discute sobre las mejores técnicas de operación);
 - necesidad de técnicos capacitados para operar la planta (inversión en entrenamiento);
 - la calidad de los materiales separados de la fracción orgánica, potencialmente reciclables, no es tan buena como los de la recolección selectiva, debido a su contaminación por parte de otros componentes de los residuos. En el caso del papel, por ejemplo la contaminación impide su reciclaje.
- Para más detalles sobre plantas de clasificación y compostaje, ver la Parte 2 de este Capítulo.

Midiendo el beneficio económico de una planta

Como la meta principal de una planta de clasificación/compostaje es la reducción de los residuos sólidos enterrados, se vuelve imprescindible calcular las ventajas económicas de esta operación. La tasa de desvío resultante indicará la eficacia de la planta.

Para calcular esta tasa de desvío, se debe considerar la cantidad de residuos sólidos llevada mensualmente al local para tratamiento. Los componentes de estos residuos sólidos tendrán uno de los siguientes destinos:

1. serán compostados;
2. serán apartados como reciclables;
3. serán llevados al relleno sanitario como desecho.

La tasa de desvío es la suma de los ítems (1) y (2), dividida por el tonelaje de residuos sólidos que haya entrado a la planta durante el mes. La fórmula es:

$$\frac{(1) + (2)}{\text{t/mes procesadas por la planta}} \times 100 = \% \text{ de material desviado del relleno}$$

En este cálculo no están computadas eventuales pérdidas ocurridas por la degradación y/o evaporación.

Aunque no existan estadísticas en la región sobre la tasa media de desvío de residuos sólidos procesados en plantas de clasificación/compostaje, los datos revelan que plantas bien gestionadas consiguen reducir a la mitad, o más, la cantidad de residuos enterrada.

4 Clasificadores (hurgadores)

Desde hace años, el reciclaje es sustentado en Uruguay, así como en otros países en desarrollo, a través de la recolección informal de papel, cartón, latas y otros materiales hallados en los vertederos y en las calles.

Según el relevamiento realizado por el Proyecto de Clasificación y Reciclo de Residuos Sólidos, de la Intendencia Municipal de Montevideo (IMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)⁶³, “se trata de un sector de la población marginado de la economía formal, que realiza un manejo de la basura buscando su subsistencia. Estas actividades económicas devuelven al mercado lo utilizable o reciclable, y son de diversa índole - separación y venta de papel, vidrio, metal, plástico y trapo a pequeños depósitos, venta en ferias de ropa, herramientas o electrodomésticos usados, separación de basura orgánica para cría de cerdos.”

“En 1990, el Grupo de Trabajo con Clasificadores de la Intendencia Municipal de Montevideo realizó un Registro Voluntario de la población de clasificadores, para incluirlos dentro de la legislación que se aplicaba en ese momento - en la que se reglamentó el trabajo de los clasificadores concediéndoles el derecho a desarrollar su actividad en determinadas condiciones. Ese censo arrojó una cifra de más de 3.500 clasificadores en Montevideo y zonas cercanas de Canelones.”

“Dicho número ha sido fluctuante a lo largo de los años, aún cuando ha presentado una tendencia creciente. En cierta forma, ello depende fuertemente de la evolución de la industria de la construcción, dado que esta actividad surge como el principal empleo alternativo de esta población. También debe tenerse en cuenta la propia fluctuación de la economía en su conjunto, como generadora de ingresos y empleo.”

“La mayoría de los clasificadores recorren la ciudad con carro a tracción animal (caballo) o simplemente manual, en forma individual o con hijos, y eventualmente con socio, en rutas similares cada día, 5 a 6 veces por semana, durante un promedio de 5 a 6 horas. El marco legal existente permite carros, pero prohíbe camiones particulares de manera de evitar una competencia que provoque un impacto social adverso sobre una población tan sensible como la de los clasificadores.”

Con respecto a la participación del sector de clasificadores en el mercado de reciclado, “el total de residuo recolectado por ellos se estimó en cerca de 100 mil ton/año, de las cuáles 30 mil son recicladas y/o consumidas y el resto dejado para la recolección formal de la Intendencia Municipal de Montevideo o en arroyos, basurales, etc.” Tener en cuenta que “en Montevideo se constata una generación de residuos que supera a las 450 mil ton/año”.

“Puede estimarse que el ingreso diario de un clasificador promedio para el conjunto de sus actividades - venta de materiales reciclables a depósitos, venta en ferias vecinales, uso de residuo orgánico para uso animal y humano, changas - podría ubicarse en un nivel de US\$ 280 mensuales (5 días a la semana).” Es interesante hacer notar que el sueldo mínimo nacional es del orden de los US\$ 90 mensuales por 45 horas semanales.

En Brasil, en cada región metropolitana, se estima la existencia de miles de hombres y mujeres que viven de la clasificación de los materiales dejados en las aceras. En los municipios menores, también es común la presencia de hurgadores en la calle.

Al contrario de lo que aparentan, los hurgadores (*catadores de rua*) ganan encima de la media brasilera y no son mendigos. Estudios en varias ciudades de Brasil ya comprobaron que el ingreso de los hurgadores, en la mayoría de los casos, supera el salario mínimo. La gran mayoría de estos trabajadores ya tuvo otras funciones en empresas, pero, debido a la crisis económica de los últimos años, quedó desempleada y asumió la función de hurgador.

El impacto de la clasificación de residuos en las calles es tan grande que, en los últimos años, llegó a influir en la composición de los materiales recolectados por el camión. En el caso de Rio, el peso del papel cayó del 42% de los residuos oficialmente recolectados en 1981 al 24% en 1993.

La ventaja que los hurgadores traen a la limpieza urbana es grande, pero pasa desapercibido. Ellos recolectan reciclables antes de que el camión de la prefectura pase, por lo tanto reducen los costos de la limpieza pública. Los materiales que encaminan para la industria generan empleos y ahorran recursos naturales.

Hurgadores en el vertedero

Uno de los principales desafíos políticos y sociales que supone el cierre de un vertedero, es la cuestión del futuro de los hurgadores que viven a su alrededor.

Como ya se dijo, estos grupos logran el sustento a través de la captación de los componentes reciclables de los residuos sólidos, que son vendidos a depósitos (o “depositeros menores”). Incluyendo las familias de estos trabajadores y los pequeños comerciantes, estas comunidades llegan a miles de habitantes. Con el cierre del vertedero, termina un flujo importante de recursos para la comunidad.

La reacción de estos grupos ante el cierre de un vertedero puede ser violenta. Para evitar tales problemas, vale la pena estudiar el perfil de los hurgadores y las maneras más convenientes para facilitarles la transición hacia una vida fuera del vertedero.

El ingreso del hurgador de residuos sólidos varía en función de la composición de los residuos sólidos y del número de hurgadores. Cuantas más cajas de cartón se encuentren

en los residuos sólidos, mayor será su ganancia. Las condiciones de trabajo, aunque extremadamente insalubres, proporcionan una libertad de horario y de comportamiento, que no existen en los empleos fijos. Por tanto, muchos hurgadores rechazan oportunidades de empleos formales en la ciudad.

En una palabra, clasificar en el vertedero, así como en los residuos sólidos de la calle, no es sólo un síntoma de la crisis económica que los países de la región están pasando; es también una opción de vida para miles de personas. Muchos no conocen otra forma de vivir, han sido criados rodeados de residuos. Por lo tanto, el cierre de un vertedero crea grandes trastornos para las comunidades periféricas que viven en sus proximidades.

Cooperativas o asociaciones de clasificadores

La administración pública, en cooperación con alguna entidad de asistencia a las clases de menores recursos, puede incentivar la formación de asociaciones de clasificadores, formalizando una actividad que ha sido marginal por muchísimo tiempo, auxiliándolos con una infraestructura mínima y ayudando a rescatar la ciudadanía de ese sector deprimido.

En este sentido la Intendencia Municipal de Montevideo está trabajando a través del proyecto ya citado de Clasificación y Reciclo de Residuos Sólidos, cuya “finalidad es la preparación de un proyecto ejecutivo, para su inmediata aplicación, que permita mejorar las condiciones sociales y productivas de la población actual de clasificadores de Montevideo, mejorando la higiene ambiental del Departamento mediante un mejor manejo de sus residuos sólidos”.

En Brasil, CEMPRE, la Organización de Auxilio Fraternal -OAF-, la Cooperativa de Catadores Autónomos de Materiales Reciclables -COOPAMARE-, y el Servicio Nacional de Aprendizaje Comercial -SENAC-, crearon un ciclo educativo para la formación de cooperativas.

La organización de esos trabajadores puede ayudar a racionalizar la recolección selectiva y el tratamiento de los residuos sólidos, reduciendo los costos y aumentando el flujo de materiales reciclados. Para ese objetivo, la intendencia debe incentivar la formación de asociaciones de clasificadores. Un ejemplo exitoso es la COOPAMARE, en el municipio de São Paulo, la cual, con cerca de cincuenta asociados, recolecta aproximadamente 100 toneladas de elementos reciclables por mes - sin cargas para los fondos públicos. Ese volumen, en 1994, era equivalente a la mitad de todo el programa de recolección selectiva promovida por la prefectura. La COOPAMARE se organizó por una iniciativa espontánea de la OAF, entidad católica dirigida a la gente de la calle. Además de esta experiencia, existe una docena más de ejemplos diseminados por todo Brasil.

En el caso de tratarse de un vertedero, se puede formar una asociación que funcionaría en un galpón próximo al antiguo vertedero - ahora nuevo relleno sanitario. En ese galpón, los hurgadores pueden revisar una parte de los residuos sólidos recolectados, y retirar los componentes más valiosos. De esta forma, obtendrían una continuidad en sus ingresos, y la intendencia reduciría la cantidad de residuos sólidos enterrados. Esta asociación se puede transformar en una cooperativa, donde los asociados pueden negociar mayores volúmenes de materiales reciclables y elevar sus ingresos.

Ciclo educativo para clasificadores

CEMPRE Brasil y la OAF crearon un ciclo didáctico llamado «Cooperar Reciclando, Reciclar Cooperando», para ayudar a los hurgadores a formar cooperativas y, como consecuencia, a aumentar sus ganancias e integración a la sociedad. Este ciclo suministra las herramientas para que una entidad religiosa, comunitaria o asistencial pueda dar un curso de aproximadamente 10 clases a un grupo de unos 20 clasificadores. El curso permite alcanzar varios objetivos: capacitar más a los que actúan en el sector, para que transfieran su experiencia a otras comunidades; reforzar la idea de que los clasificadores de papel forman una categoría profesional, y resaltar el carácter de utilidad pública de los servicios prestados por esta categoría. La estructura del curso, desarrollada por el SENAC, está basada en 7 unidades temáticas: relaciones humanas, limpieza pública, salud del clasificador, tránsito, reciclaje, principios de cooperativismo y aspectos prácticos de la cooperativa.

Referencias

- 1 ADLER, R.R., AMAZONAS, M. O lixo pode ser um tesoro: texto técnico científico. Rio de Janeiro: Secretaria da Educação, Centro Cultural, 1992. 23 p. (Libro Cero).
- 2 AGENCE NATIONALE POUR LA RECUPERATION ET L'ELIMINATION DES DECHETS. N'en jetez plus: fiches documentaires. Angers, s.f. 98 p.
- 3 ALBOREDA, S. Coleta seletiva, município de São Paulo, SP: estudo detalhado da coleta seletiva e do sistema de tratamento dos resíduos recicláveis da cidade de São Paulo, SP. São Paulo: LIMPURB, SSO, 1993. Paginação irregular.
- 4 AMAZONAS, M. Como implantar a coleta seletiva de lixo. Revista FEEMA, n.3, p.38-41, ene./febr. 1992.
- 5 AMAZONAS, M. Como implantar a coleta seletiva de lixo. [S.l.: s.n.].
- 6 APOTHEKER, S. Finding a formula for successful recycling collection. Resource Recycling, v.11, n.10, p.28, 30-33, 35-39, oct. 1992.
- 7 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA RECICLAGEM DE MATERIAIS PLÁSTICOS. Plástivida: plástico servindo toda a vida. São Paulo, s.f.
- 8 BONOMO, L. Riciclo e riutilizzo dei rifiuti. En: CORSO DI AGGIORNAMENTO IN INGEGNERIA SANITARIA, 17, 1978, Milano. Acta... Milano: Politecnico di Milano. Istituto di Ingegneria Sanitaria, 1978. 20 p. (Riciclo e Riutilizzo dei Rifiuti Solidi Urbani).
- 9 BRAUN, R. Gestione dei rifiuti, riciclo e protezione ambientale. In: CORSO DI AGGIORNAMENTO IN INGEGNERIA SANITARIA, 17, 1978, Milano. Acta... Milano: Politecnico di Milano, Istituto di Ingegneria Sanitaria, 1978. 20 o. (Riciclo e Riutilizzo dei Rifiuti Solidi Urbani).
- 10 CABLE, S. Contrasts in collection: two European examples. Resource Recycling, p.77-82, ene., 1992.
- 11 CAREAGA, J. Guía para el reciclaje en tiendas: manual ecológico 2. Polanco: Asociación Nacional de Tiendas de Autoservicio y Departamentales, 1992. 47 p. (Serie Comercio y Ecología, 2).
- 12 CATADORES de lixo se organizam na cidade de São Paulo. Projeto Reciclagem, São Paulo, v.2, n.6, p.16-17, ago./sept. 1991.
- 13 CATADORES: o elo ignorado. CEMPRE informa, Rio de Janeiro, n.10, ene./febr. 1994.
- 14 CEMPRE/IBAM. Cadernos de reciclagem: O papel da prefeitura, Rio de Janeiro, 1993. 40 p.
- 15 COLETA seletiva prossegue com sucesso em Curitiba. Projeto Reciclagem, São Paulo, v.2, n.6, p.12-13, ago./sept. 1991.
- 16 COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Cartilha de educação ambiental. São Paulo: CETESB, 1984. 20 p. il.
- 17 COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA A RECICLAGEM. Não jogue seu futuro fora: recicle. Rio de Janeiro, s.f.
- 18 COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA A RECICLAGEM/INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL. Cadernos de reciclagem: O papel da Prefeitura. Rio de Janeiro. n.2, 1993.
- 19 CONFERENCE ON RECYCLING: REUSE OF WASTE RESOURCES, 1972, Atlanta. Proceedings... Atlanta: TAPPI, 1972. 101 p. il. (TAPPI CA Report, 45).
- 20 CORDOVIL, C. Catador de papel: o elo da reciclagem. Clipping, n.67, p.6, sept. 1994.
- 21 COUTO, W.S. Reciclagem no Brasil: recuperação de sucata: mercado, aplicação, taxação e perspectivas. En: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE RECICLAGEM DE ALUMÍNIO, 1., 1994, São Paulo. Palestra. São Paulo: Associação Brasileira de Alumínio, 1994. 24 p.
- 22 CURITIBA recebe prêmio da ONU. Projeto Reciclagem, São Paulo, v.1, n.2, p.6-10, 1990.

- 23 FRANCO, C.G. Consórcio de cidades para reciclar o lixo. *Gazeta Mercantil*, São Paulo, 6. abr. 1994. p.1 y 13.
- 24 FUNDAÇÃO BRASILEIRA PARA A CONSERVAÇÃO DA NATUREZA. Como reciclar papel no escritório. Rio de Janeiro, 1992. 19p.
- 25 GEONAC ENGENHARIA AMBIENTAL E COMÉRCIO. Programa escolar de coleta seletiva: contrato de permissão para a instalação de recipientes coletores de resíduos. São Paulo: 1993. 2 p.
- 26 GLEMBOTZKI, J.W.E. A problemática do nosso lixo: uma opção pela coleta seletiva. *Revista da Universidade Veiga de Almeida*, v.3, n.3, p.32-40, ene./jun. 1993.
- 27 GLENN, J. Recycling economics benefit-cost analysis. *Biocycle*, v.29, n.9, p.44-47, Oct. 1988.
- 28 HURST, K., RELIS, P. The next frontier: solid waste source reduction. Santa Barbara: Community Environmental Council, Gilda Resource Center, 1988. 43 p. (Policy Paper).
- 29 JAPAN EXTERNAL TRADE ORGANIZATION. Toward the creation of a new global environmental. São Paulo: s.f. 36 p.
- 30 KALTE-TEC CONSULTORIA, PROJETOS E INSTALAÇÕES INDUSTRIAIS. Há bilhões de anos a natureza zela pela vida no nosso planeta. São Paulo: Kalte-Tec, s.f.
- 31 KUHNEN, A. Programa Beija-Flor: experiência com a triagem domiciliar do lixo em Florianópolis. En: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS SOBRE MEIO AMBIENTE, 2., 1989, Florianópolis. Anais... Florianópolis: UFSC, 1989. v.1, p.121-129.
- 32 LAUNDRIE, J.F. Recovery and reuse of wastepaper from shredded household trash. Madison: FPL, 1975. 13 p. (FPLRP 252).
- 33 LIXO seletivo: prejuízo em SP. Tradução por M. Dadonas. *Jornal da Tarde*, São Paulo, 9 jun. 1994. p.11.
- 34 METADE das frutas colhidas no Brasil vai para o lixo: o desperdício de comida, presente nos grandes entrepostos e nas residências, representa prejuízo anual da ordem de US\$ 1 bilhão. *O Estado de São Paulo*, São Paulo, 19 ago. 1992. Suplemento Agrícola, p.10-11.
- 35 MUTARELI, J. Lixo reciclável. *Clipping*, n.67, p.7, sept. 1994.
- 36 O LUCRO sai do lixo. *Pequenas Empresas Grandes Negócios*, v.3, n.34, p.50-52, nov. 1991.
- 37 PERSPECTIVES de recyclage du verre en Belgique: journée d'étude, 1978, Bruxelles: Services du Premier Ministre, 1978. 198 p. il.
- 38 PREFEITURA MUNICIPAL DE ARUJÁ. Ajude a preservar o meio ambiente. Arujá, s.f.
- 39 PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTO ANDRÉ. Coleta seletiva. Santo André, s.f.
- 40 PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTO ANDRÉ. Jogue limpo: vamos pintar a coleta seletiva. Santo André, 1992. 10 p.
- 41 PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. Programa Coleta Seletiva de Lixo. Coleta seletiva de lixo: postos de entrega voluntária. São Paulo, s.f.
- 42 PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. Secretaria de Serviços e Obras. Secretaria Municipal de Educação. Lixo: a coleta seletiva na escola. São Paulo, s.f. ni paginación.
- 43 QUADROS, M. Gigante da reciclagem. *Expressão*, v.4, n.43, abr. 1994. (Ecología).
- 44 RECICLAGEM dos resíduos urbanos, agropecuários, industriais e minerários: síntese. Brasília: CDI, 1985. 194 p.
- 45 RECYCLING everything, part 3: paper recycling's new look. *Chemical Engineering*, New York, p.46-48, Mar. 1991.
- 46 REMA'91: apresentação de soluções para a gestão de resíduos. *Projeto Reciclagem*, São Paulo, v.2, n.7, p.4-5, oct. 1991.
- 47 RIO define modelo de coleta seletiva. *CEMPRE informa*, Rio de Janeiro, n.8, oct./nov. 1993.
- 48 ROBSON, N.C. Recycling practices and problems. En: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PACKAGING, ECONOMIC DEVELOPMENT, 1993. Proceedings... [S.l.: s.n.], 1993, p.173-189.
- 49 SANTOS, Y.S. A imprensa está falando mais em reciclagem e meio ambiente. *Projeto Reciclagem*, São Paulo, v.2, n.7, p.6 y 8, oct. 1991.

- 50 SECRETARIA DE ESTADO DE EDUCAÇÃO DO RIO DE JANEIRO. Centro Cultural Rio-Cine. O lixo pode ser um tesouro: um monte de novidades sobre um monte de lixo. Rio de Janeiro, 1992. 21 p. (Libro 2).
- 51 SECRETARIA DE ESTADO DE EDUCAÇÃO DO RIO DE JANEIRO. Centro Cultural Rio-Cine. O lixo pode ser um tesouro: um monte de novidades sobre um monte de lixo. Rio de Janeiro, 1992. 31 p. (Libro del Profesor).
- 52 SECRETARIA DE SERVIÇOS E OBRAS. Departamento de Limpeza Urbana. Coleta seletiva de lixo. São Paulo: LIMPURB, s.f.
- 53 SEMINÁRIO DE MATERIAIS RECICLADOS, 21., 1991, São Paulo. Anais... São Paulo: AEA, 1991. 83 p.
- 54 SHU-FEN, HSIEN. Algún trapo viejo? Sinorama, v.17, n.11. nov. 1992. (Periscopio).
- 55 SITTING, M. Resource recovery and recycling handbook of industrial wastes. Park Ridge: NDC, 1975. 427 p. (Environmental Technology Handbook, 3).
- 56 SQUATRITI, R. Tecnica ed economia nella separazione e riciclaggio dei rifiuti solidi urbani. En: CORSO DI AGGIORNAMENTO IN INGEGNERIA SANITARIA, 17. 1978, Milano. Acta... Milano: Politecnico di Milano: Istituto di Ingegneria Sanitaria, 1978. 9 p. (Riciclo e Riutilizzo dei Rifiuti Solidi Urbani).
- 57 SUDOL, F. Urban recycling: how to duplicate Newark's approach; the Newark experience: a case study on Newark, New Jersey's recycling program. [S.l.: s.n.], 1993. 26 p. (Paper presented in Brazil, 1993).
- 58 THOMPSON, S.A. Reciclagem nos Estados Unidos: aspectos comerciais; mercado; coleta, classificação, transporte; política de preços e relação com sucateiros. En: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE RECICLAGEM DE ALUMÍNIO, 1., 1994, São Paulo. Palestra. São Paulo: Associação Brasileira de Alumínio, 1994. Sin paginación.
- 59 UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION. Recycling agroindustrial waste by lactic fermentations: coffee pulp silage. Vienna: UNIDO, 1985. 21 p. (UNIDO. ID/WG, 432/14).
- 60 VALLE, C.E. A reciclagem no tratamento de resíduos. São Paulo: APLIQUIM, 1992. 12 p.
- 61 VEGASOPAVE. Todos os dias, a Vega Sopave realiza a maior passeata ecológica de que o país tem notícia. São Paulo, s.f.
- 62 ANÁLISIS SECTORIAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN URUGUAY, Serie Análisis Sectoriales N° 7, Plan Regional de Inversiones en Ambiente y Salud. Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud - Dirección Nacional de Medio Ambiente - Agencia de la República Federal Alemana para la Cooperación Técnica (GTZ) - Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Marzo 1996.
- 63 CLASIFICACIÓN Y RECICLO DE RESIDUOS SÓLIDOS, Proyecto PNUD/URU/91/008, Asistencia Preparatoria/Segunda Etapa, Intendencia Municipal de Montevideo, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Setiembre 1996.
- 64 DEFENSA DEL MEDIO AMBIENTE DE COLONIA VALDENSE. Una experiencia abierta al futuro. Ed. La Imprenta. Rosario, Uruguay. 1996.

Parte 2 Reciclaje de la materia orgánica - Compostaje

1 ¿Qué es el compostaje?

Se da el nombre de compostaje al proceso biológico de descomposición de la materia orgánica contenida en los restos de origen animal o vegetal. El resultado final de este proceso es un producto que se puede aplicar al suelo para mejorar sus características, sin causar riesgos al medio ambiente.

Desde hace mucho tiempo el compostaje se realiza en el medio rural, mediante el uso de restos vegetales y estiércol animal. También, es posible compostar **la fracción orgánica de los residuos sólidos domiciliarios**, en forma controlada, **en instalaciones industriales llamadas plantas de clasificación y compostaje**. El compostaje tiene una gran importancia, ya que en el contexto uruguayo, aproximadamente el 60 % de los residuos sólidos domiciliarios están constituidos por materia orgánica.

Ventajas del Compostaje

- economía de espacio en el relleno sanitario;
- aprovechamiento agrícola de la materia orgánica;
- reciclaje de nutrientes para el suelo;
- proceso ambientalmente seguro;
- eliminación de patógenos.

2 El proceso de compostaje

El compostaje es la descomposición de la materia orgánica, que ocurre por acción de agentes biológicos microbianos y, por lo tanto, necesita de las condiciones físicas y químicas adecuadas para llegar a la formación de un producto de buena calidad.

El proceso de compostaje puede ocurrir por dos métodos:

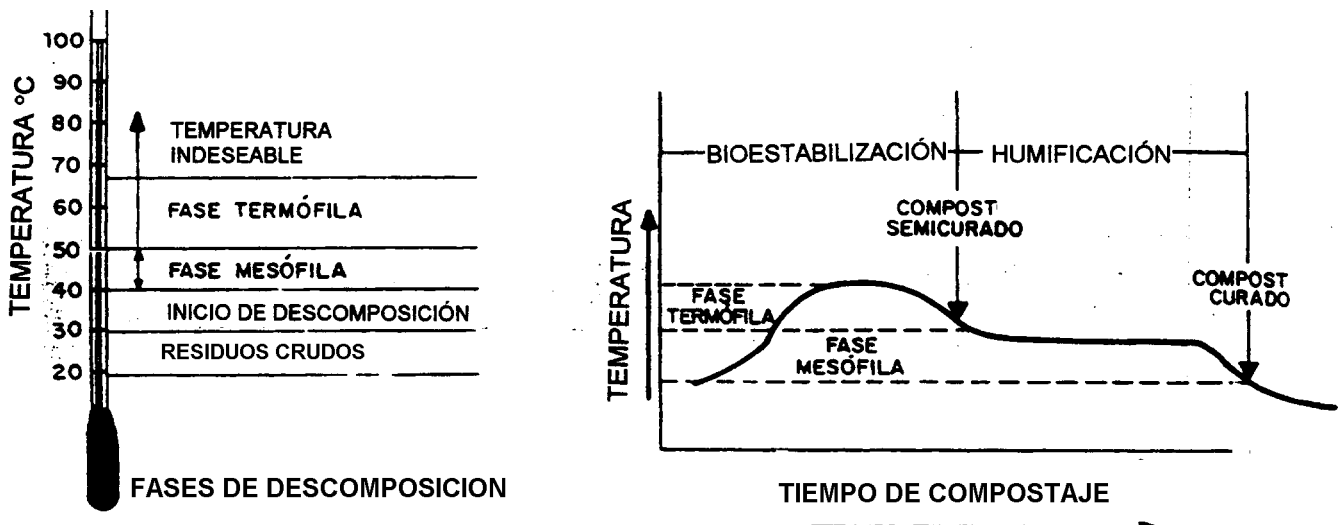
- método natural: la fracción orgánica de los residuos sólidos se lleva a un patio y se coloca en pilas de forma variada. La aeración necesaria para el desarrollo del proceso de descomposición biológica se obtiene por volteos periódicos con la ayuda de un equipo apropiado. El tiempo para que el proceso concluya, varía de tres a cuatro meses;
- método acelerado: la aeración se produce a través de tuberías perforadas, sobre las cuales se colocan las pilas de residuos sólidos, o en reactores rotatorios, dentro de los cuales se colocan los residuos, que avanzan en sentido contrario al de la corriente de aire, los que posteriormente se apilan, como en el método natural. El tiempo de permanencia dentro del reactor es de unos cuatro días, y el tiempo total del compostaje acelerado es de dos a tres meses.

El grado de descomposición o degradación del material sometido al proceso de compostaje es un indicador del estado de «maduración» del compost orgánico. El aspecto del material -color, olor y humedad- da las indicaciones. Así, el color final de la masa es oscuro casi negro; el olor inicialmente rancio, pasa a ser el de tierra mojada agradable; la humedad se reduce.

Para fines prácticos, son dos los principales grados de descomposición del material sometido al proceso de compostaje: **semicurado o técnicamente bioestabilizado**, y **curado o humificado**. El primero indica que el compost ya puede ser utilizado como fertilizante sin causar daños a las plantas; el segundo indica que está completamente degradado y estabilizado, con la calidad apropiada como para poder ser utilizado. La evolución de este proceso de «curado» puede apreciarse en la Figura 1.

Al comienzo de la descomposición del material orgánico, se desarrollan microorganismos que producen una fermentación ácida, y el pH se vuelve más bajo, lo cual es favorable para la retención de amoníaco.

FIGURA 1
Evolución del proceso de curado del compost orgánico²⁰



En la fase siguiente, los ácidos son consumidos por otros agentes biológicos, lo cual eleva el pH. El compost orgánico debe tener un pH mínimo de 6,0. Generalmente, el compost curado humificado presenta valores entre 7,0 y 8,0.

En el laboratorio se puede evaluar el grado de madurez del producto, a través de determinaciones de carbono total (C) y oxidable, nitrógeno total (N) y amoniacal, y cálculo de la relación C/N. Una relación C/N igual o inferior a 18/1 indica que el compost está semicurado, y cuando es inferior a 12/1, está curado.

El tiempo necesario para el compostaje de los residuos orgánicos está asociado a varios factores que influyen en el proceso, al método empleado y a las técnicas operacionales. El compostaje natural emplea de 60 a 90 días para alcanzar la bioestabilización, y de 90 a 120 días para la humificación. El compostaje acelerado tarda de 45 a 60 días para el semicurado, y de 60 a 90 días para el curado completo o humificación. Esta diferencia se debe básicamente a la duración de la fase termófila en el proceso acelerado, que de algunas semanas, pasa a ser sólo de dos o cuatro días.

El curado puede también ser determinado en el campo mediante el «test de la mano», como se indica en la Figura 2. En este caso, la calidad del compost se aprecia frotando un poco del mismo entre las palmas de las manos: el compost de buena calidad debe dejarlas sucias y desprenderse fácilmente.

Factores que se deben observar durante el compostaje

Aeración - es necesaria para la actividad biológica y, en niveles adecuados, posibilita la descomposición de la materia orgánica de una forma más rápida, sin malos olores. Es función de la granulometría y de la humedad de los residuos.

Humedad - el nivel de humedad de los residuos depende de su granulometría, porosidad y grado de compactación. Para un buen compostaje, la humedad debe mantenerse alrededor de un 50%. Si fuese muy baja, se reduciría la actividad biológica; si fuese muy elevada, se perjudicaría la aeración, y se produciría una anaerobiosis. En tales condiciones, se forma lixiviado, líquido de color oscuro y nauseabundo, que sale de las pilas del material en descomposición. Su producción es más elevada cuando las pilas de residuos sólidos mojados son muy altas, compactando y exprimiendo las capas inferiores de resi-

duos. Con lluvia, la formación de lixiviado se produce también por mojarse los residuos en descomposición. La compactación y el encharcamiento expulsan el aire de los vacíos existentes en la pila de residuos con lo que la anaerobiosis se instala, ingresando el material en putrefacción, con desprendimiento de gas sulfhídrico y mercaptanos. Al final, la humedad del compost para uso agrícola no debe pasar del 40% (Figura 3).

FIGURA 2
Test de la mano

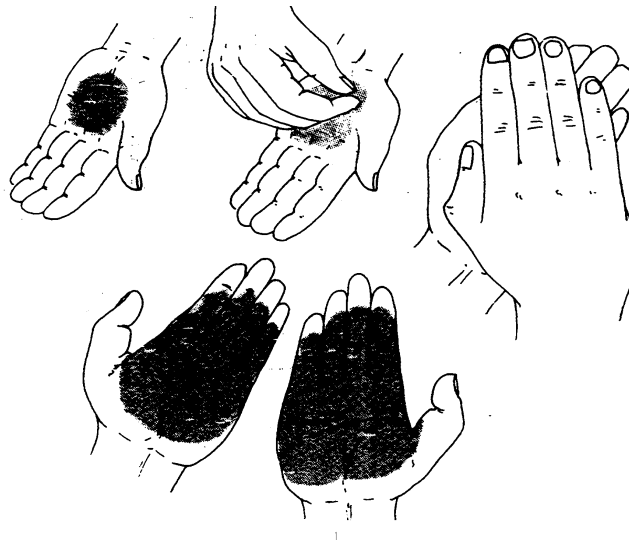
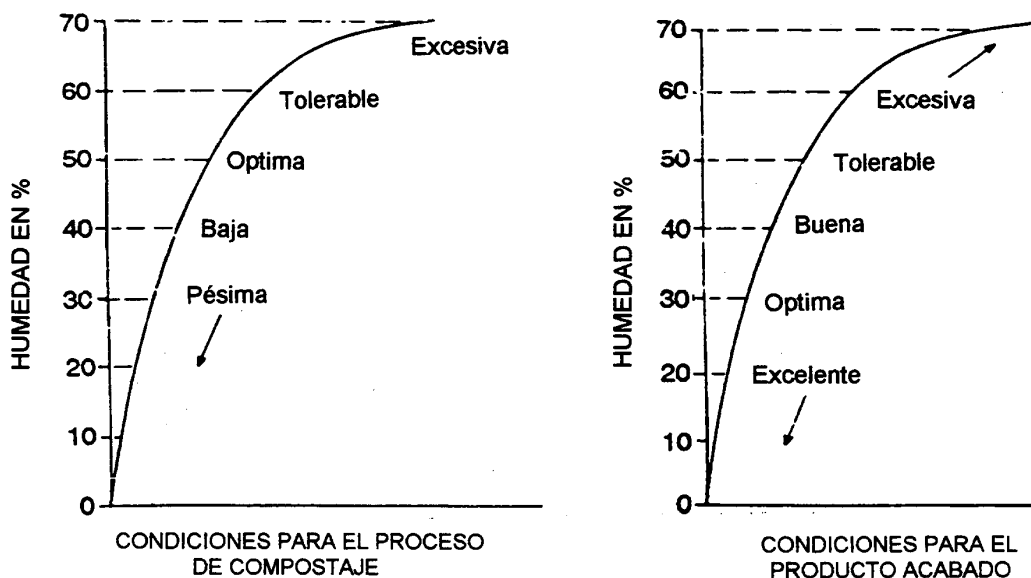


FIGURA 3
La humedad en el proceso de compostaje y en el producto terminado²⁰

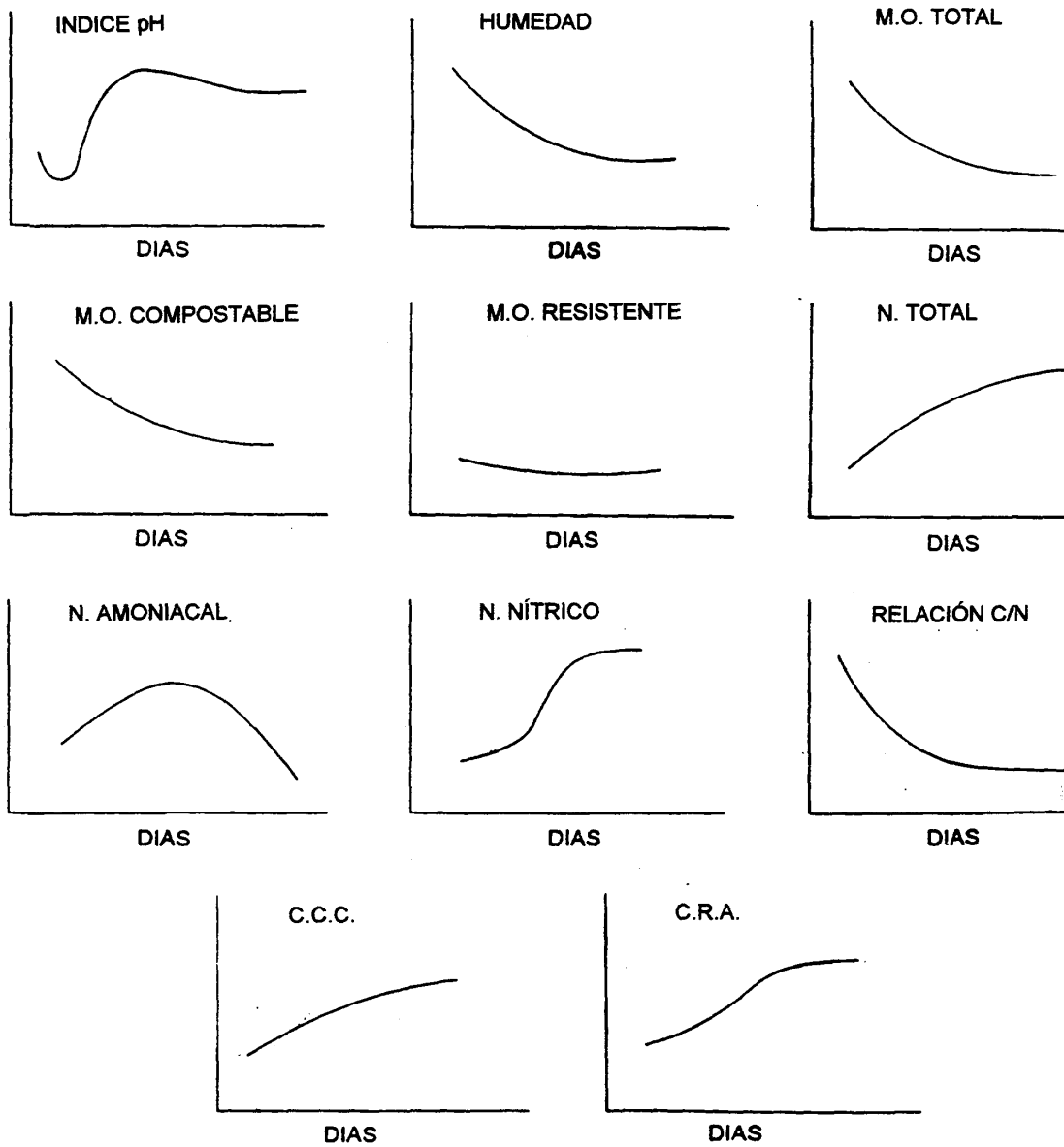


Temperatura - el proceso comienza a temperatura ambiente, pero a medida que la acción microbiana se intensifica, con la aeración apropiada, la temperatura se eleva hasta alcanzar valores superiores a 55-60 °C, en los que se mantiene por un período de tiempo que depende de las características de los residuos y de la operación de la planta. Esa fase, denominada termófila, es importante para la eliminación de microbios patógenos y semillas de hierbas dañinas, eventualmente presentes en el material. Le sigue una fase con

disminución de la temperatura hasta niveles de 30-35 °C a 45-50 °C, donde se da la bioestabilización de la materia orgánica (relación C/N próxima a 18), y finalmente, la humificación en la cual la relación C/N puede bajar a niveles inferiores a 12, con temperaturas mesófilas.

FIGURA 4

Tendencias evolutivas de las principales variables durante el compostaje
(M.O.- Materia Orgánica; N-Nitrógeno; C.C.C.- Capacidad de Cambio Catiónico;
C.R.A.- Capacidad de Retención de Agua)²⁰



Nutrientes - la relación carbono/nitrógeno (C/N) deseable para el inicio del compostaje debe ser del orden de 30/1, y el nivel de nitrógeno debe estar entre 1,2 y 1,5%. A lo largo del proceso, parte del carbono se transforma en gas carbónico (CO_2), y parte se usa para el crecimiento microbiano. El nitrógeno queda retenido en el material, bajo forma de nitrógeno orgánico y nitrógeno inorgánico.

Relaciones C/N elevadas (60/1, por ejemplo) exigen mayor tiempo de compostaje. Si la relación C/N fuese muy baja, o sea, con un nivel de nitrógeno elevado, se debe incorporar al material otro residuo rico en carbono (restos vegetales o de podas), para que el compostaje sea adecuado. La relación C/N apropiada, para aplicación del compost en agricultura debe ser como máximo de 18/1.

pH - los residuos sólidos domiciliarios son ácidos, con pH inicial del orden de 4,5 a 5,5. El compost curado humificado tiene un pH del orden de 7,0 a 8,0.

La evolución de las principales variables durante el compostaje, sigue la tendencia presentada en la Figura 4.

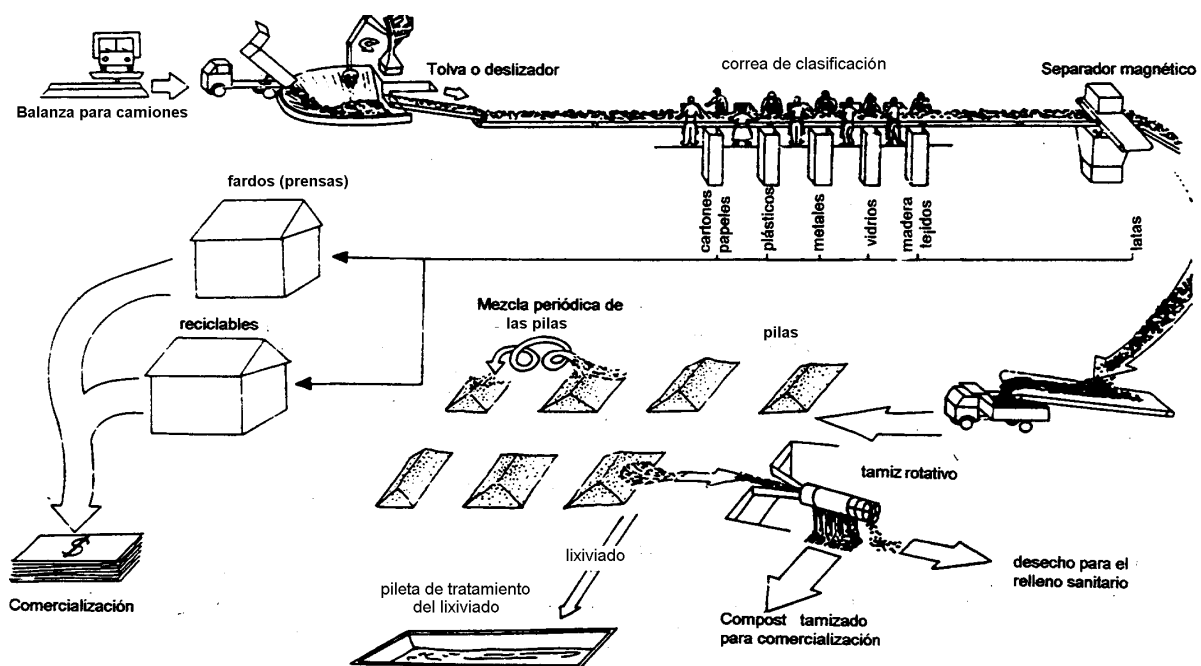
3 La planta de clasificación y compostaje

Las instalaciones de una planta de compostaje pueden agruparse en cinco sectores: recepción y despacho, unidad de clasificación, patio de compostaje, acondicionamiento y almacenamiento del compost, y entierro de desechos. La denominación de planta de clasificación y compostaje se debe a que abarca los dos procesos. La Figura 5 presenta una vista general de las instalaciones de esa planta.

Recepción

Este sector comprende las instalaciones y los equipos de control de los flujos de entrada (residuos, insumos, etc.) y salida (compost, materiales reciclables, desechos). Según el tamaño y las características de la instalación, puede haber los siguientes equipos para permitir el manejo inicial de los residuos sólidos, antes de la clasificación:

FIGURA 5
Esquema de una Planta de Clasificación y Compostaje



Balanza - a pesar de que existen instalaciones sin ese equipo, es una pieza fundamental para poder cotejar la cantidad de residuos sólidos recibidos y el compost despachado. Se pueden utilizar balanzas mecánicas simples o digitales que registran automáticamente los datos obtenidos;

Patio de recepción - para descargar los residuos sólidos, los camiones recolectores necesitan de un patio para maniobras y descarga. Ese patio funciona también como «pulmón», y recibe la descarga de los residuos sólidos en caso de interrupción temporal del funcionamiento de la planta. Reiniciado el funcionamiento, los residuos del patio serán llevados al foso o a la tolva;

Tolva o deslizador - en las instalaciones más simples, los residuos sólidos se puede descargar en una tolva o deslizador, pieza de madera o lámina de hierro con forma de medio cono truncado, dispuesta en forma inclinada, de modo que los residuos sólidos se deslicen y caiga sobre el equipo siguiente. La tolva no hace una descarga perfecta, y necesita la presencia continua de un obrero, que empuje los residuos sólidos hacia adelante. El trabajo de ese obrero es útil también para retirar los objetos voluminosos inde-seables, considerados como descarte;

Foso con piso móvil - en este caso los residuos sólidos se descargan en el foso, pozo o silo, en el fondo del cual se halla instalado el equipo llamado piso móvil. Está constituido por una correa de placas o astillas metálicas articuladas (como la «oruga» de un tractor) que, al moverse, arrastra los residuos sólidos. Acompaña al equipo una pieza llamada guillotina, localizada en la salida del foso, de altura regulable, y cuyo propósito es dosificar la descarga de residuos sólidos sobre el equipo que sigue;

Foso con brazo articulado o puente rodante - en este otro caso, por medio de un cucharón de cuatro gajos, provisto de un mecanismo hidráulico, se sacan los residuos sólidos del foso y se depositan sobre el equipo siguiente. El brazo articulado es el equipo más sencillo, con capacidad de hasta 1 m³ de residuos sólidos brutos, y posee movimientos circulares, aunque limitados. El puente rodante, en cambio, puede tomar mayores porciones de residuos sólidos, y puede desplazarse en dos sentidos, con lo cual puede atender fosos separados de diversas líneas de clasificación de residuos sólidos.

Algunos de esos equipos se ilustran en la Figura 6.

Galpón de Selección

Este es el local donde se hace la separación de los residuos en los diversos componentes. El equipo principal es la correa de selección (Figura 7), de goma y con poleas en las extremidades, que se desliza sobre rodetes, desplazando los residuos sólidos desde un extremo al otro, permitiendo así el retiro de los materiales reciclables. Esos elementos se echan a carritos o vagonetas de ruedas, y luego se llevan al depósito de reciclables.

Para poder retirar el máximo posible de metales, inclusive baterías, pilas eléctricas y tapas de botellas y frascos, la correa debe estar provista de un separador magnético, que puede constar de un electroimán o de una polea magnética dentro de la propia correa.

Grado de selección

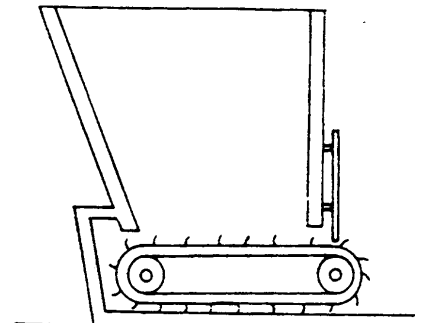
La necesidad de un mayor o menor grado de selección (eficiencia en la recuperación de reciclables), es función del mercado de reciclables. En caso de que en una determinada región no existiera mercado para ningún metal, este debe ser incorporado a los desechos.

Generalmente, hay mercado para la mayoría de los elementos reciclables; siempre habrá uso para el compost, aunque sea en el ornato y la arborización de sitios públicos. La venta de compost orgánico puede ampliarse con una buena campaña de divul-

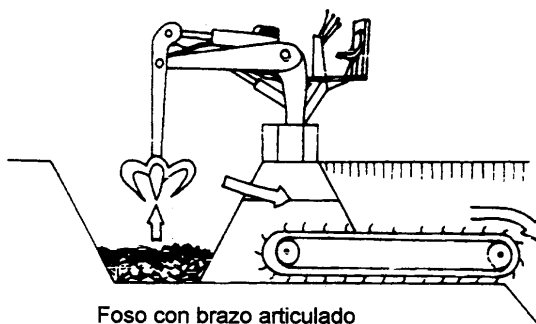
FIGURA 6
Equipos para la recepción de los residuos



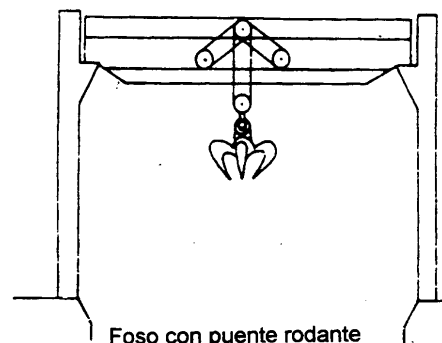
Descarga en tolva
o deslizador



Tolva con piso móvil



Foso con brazo articulado



Foso con puente rodante

gación de sus cualidades.

Patio de compostaje

Se llama patio de compostaje el área de la planta donde la fracción orgánica de los residuos sólidos sufre descomposición microbiológica para transformarse en compost. Debe estar pavimentado o cubierto con arcilla compactada, dotado de un sistema de captación de lixiviado / aguas de lluvia, y disponer de una pileta de estabilización.

En la mayoría de los casos, la fracción orgánica de los residuos sólidos se dispone en pilas o hileras de geometría variable, que se voltean periódicamente hasta obtener la cura del compost (Figura 8).

Opcionalmente, el compostaje acelerado se puede hacer en pequeñas instalaciones, inyectando aire, o facilitando el movimiento de aire en las pilas por medio de compresores o aspiradores.

FIGURA 7
Correa o mesa de clasificación de los residuos sólidos

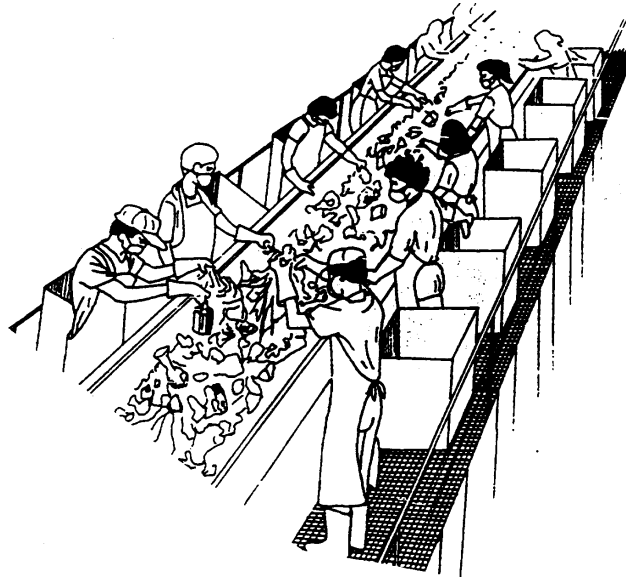
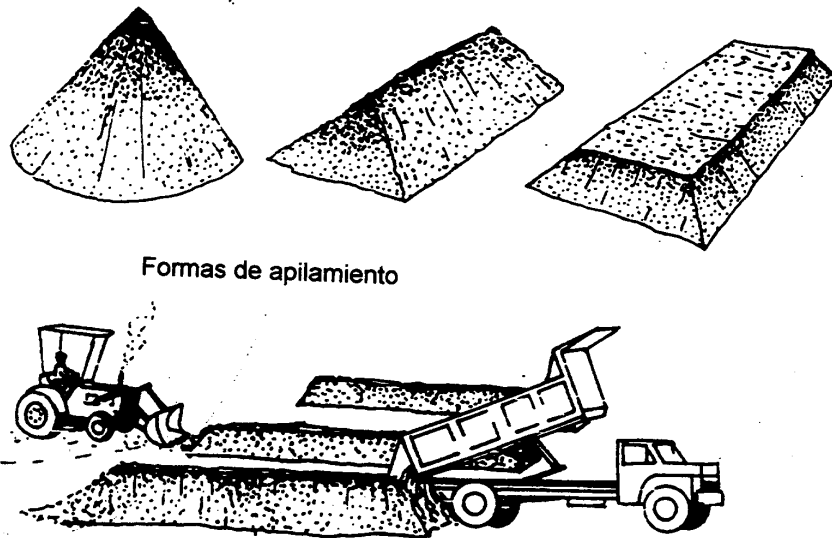


FIGURA 8
Patio de compostaje - Tipos de pilas o hileras



Formas de apilamiento

Acondicionamiento y almacenamiento

El acondicionamiento del compost curado consiste en triturarlo y tamizarlo, para darle una menor granulometría y volverlo más manejable para el agricultor. El acondicionamiento de los materiales reciclables consiste en prensarlos y disponerlos en bultos para facilitar su movilización y transporte. El almacenamiento de los productos acondicionados debe hacerse en un galpón cubierto.

Entierro de los desechos

Los materiales voluminosos y los desechos de la selección y del acondicionamiento

del compost, deben ser dirigidos al relleno de desechos. Este relleno debe ser compatible con las características de los desechos, y su ubicación debe estar aprobada por las autoridades locales. En el Capítulo IV se presentan mayores detalles en cuanto a la construcción y la operación de los rellenos sanitarios.

Economía del relleno sanitario

La planta de clasificación y compostaje produce, como promedio, una disminución de 70% en el tonelaje de residuos sólidos destinados al relleno sanitario; con ello se reducen los costos de operación por cantidad recolectada y aumenta la vida útil del área asignada a la disposición final.

Otros equipos

Trituradores o molinos - algunas plantas utilizan molinos o trituradores de cuchillas o martillos, instalados a continuación de la correa de clasificación. Esos equipos tienen la finalidad de reducir las partículas gruesas, para facilitar el compostaje. Sin embargo, en la mayor parte de las plantas esos equipos han sido desactivados por las siguientes razones: aumento de interrupciones en el funcionamiento de la clasificación, por mantenimiento correctivo; alto costo de mantenimiento; alto consumo de energía; introducción de exceso de inertes en el compost (trozos de vidrio y de porcelana); reducción excesiva de la granulometría del residuo, lo cual provoca la compactación de las hileras, generando producción de lixiviado y aglomeración del compost («tortas»).

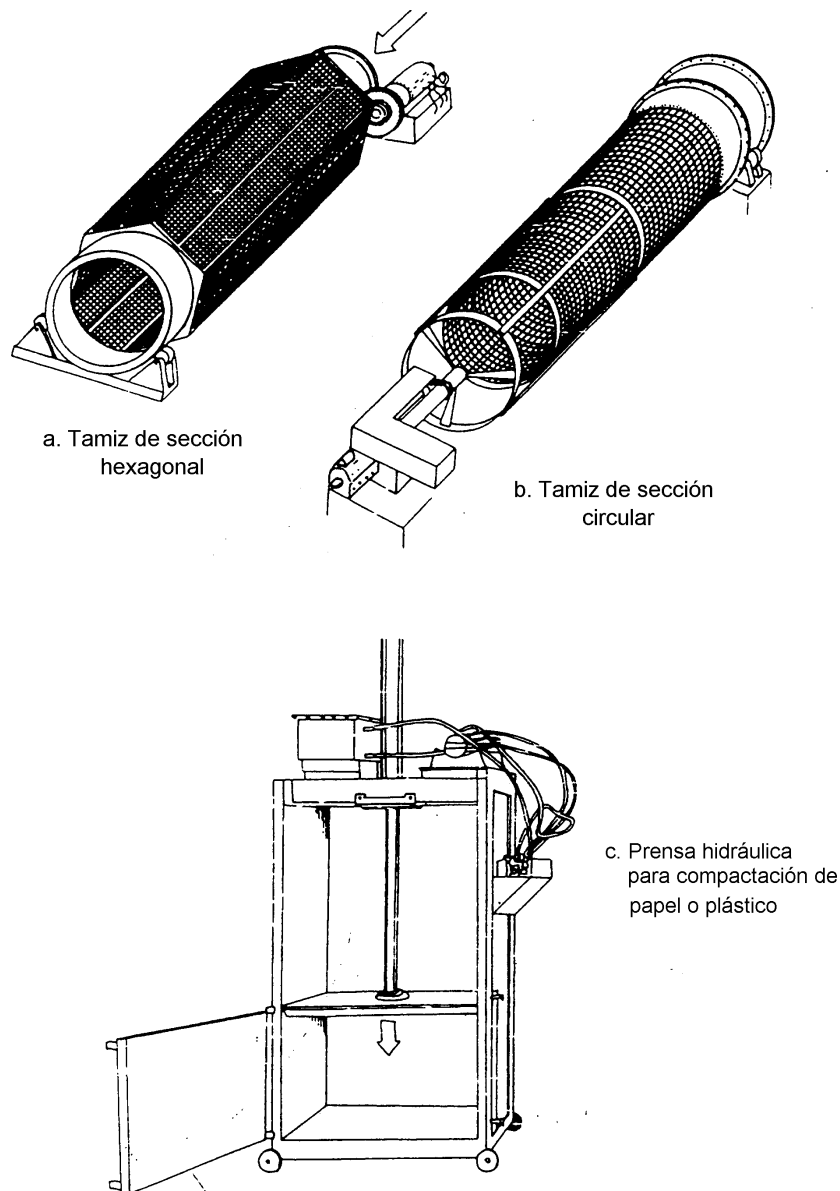
Tamiz rotativo - es un equipo de sección circular o hexagonal, con el eje ligeramente inclinado, dotado de mallas o perforaciones en las paredes laterales. Su objetivo principal es separar los componentes de menor tamaño (que salen por los lados), de los más voluminosos, que caen por el extremo opuesto a la entrada (Figura 9 - A y B). Se puede utilizar en la clasificación y en el acondicionamiento del compost. Además de su finalidad principal, puede ayudar a deshacer las «tortas» que se puedan haber formado durante el proceso de compostaje. Cuando se utiliza en la clasificación, ofrece, además, los siguientes beneficios: ayuda a romper los sacos plásticos y otros componentes frágiles, como frutas, verduras y aglomerados de residuos sólidos; uniforma la humedad, transfiriendo el exceso de agua de materiales como frutas y verduras, a otros extremadamente secos (papel, cartón, hierba seca); permite que algunos materiales, ya algo descompuestos, se mezclen e inoculen a los de difícil descomposición, como papel, cartón y paja. Las desventajas de su utilización en este sector son: costo, necesidad de paradas para limpieza, y envío de parte de la materia orgánica en descomposición hacia el relleno sanitario.

Prensas compactadoras - son equipos hidráulicos o manuales destinados a reducir, mediante presión, el volumen de materiales reciclables, como latas, plásticos, papel, cartón. (Figura 9 -C).

Biodigestores - biodigestores o bioestabilizadores son equipos que aceleran el proceso de compostaje mediante la aeración forzada. De este modo, la fase termófila reduce su período de 15 - 30 días a 96 horas, gracias a lo cual disminuye el espacio requerido en el patio de compostaje.

Ese detalle hace que el equipo sea muy importante para el tratamiento de grandes cantidades de residuos, sobre todo en sitios donde el costo del terreno es alto y los espacios disponibles escasos. Estos equipos ofrecen la ventaja adicional de permitir la captación y el tratamiento de gases.

FIGURA 9
Otros equipos de una planta de clasificación y compostaje



Existen dos tipos principales de biodigestores: el cilíndrico rotativo con eje horizontal, y el cilindro fijo con eje vertical y con extractor rotativo en la base. En ambos casos, el aire atraviesa el equipo en dirección contraria a los sólidos. En el equipo fijo existe un dispositivo para la remoción del producto por la parte inferior.

Otras instalaciones

Además de las instalaciones mencionadas, son necesarias otras para permitir el funcionamiento adecuado de la planta, como, por ejemplo:

- torre o subestación de corriente eléctrica;
- tanque elevado de agua, para abastecer las instalaciones, para la limpieza y para tomas contra incendio;
- portería para el control de entrada y de salida del personal y los vehículos;
- comedor, vestuario y sanitarios;
- oficina, para atención general, contabilidad de compras y ventas;
- taller y almacén para realizar reparaciones urgentes y la operación de mantenimien-

to;

- galpón para acondicionar y almacenar el compost curado.
- galpón para acondicionar y almacenar los materiales reciclables (en algunos casos, dispuestos en contenedores descubiertos).
- laboratorio analítico con lo suficiente para el monitoreo necesario (estufa, termómetros, balanzas, etc.).

Se pueden añadir otras instalaciones opcionales, tales como: huerta de servicios, vivero para trasplantes, recipiente para vermicompostaje (lombrices) y museo de los residuos sólidos. Además de todo eso, es recomendable la inclusión de un aula de clase o un auditorio para reuniones con escuelas y otros grupos visitantes. En caso de que se proceda a la incineración de los residuos de los servicios de salud y/o industriales, la inclusión de estas dependencias en la planta es ventajosa para disminuir la necesidad de personal. En este caso, hay que esmerarse en las precauciones en el manejo, para evitar problemas de higiene y de seguridad.

4 ¿Qué tipos de residuos sólidos pueden ir a la planta de compostaje?

Los residuos sólidos municipales incluyen residuos domiciliarios, comerciales, de barrido, de poda y limpieza de jardines y áreas verdes, etc.

La planta de compostaje sólo debe procesar los residuos sólidos domiciliarios y comerciales (restaurantes, pensiones y hoteles, tiendas y centros comerciales). Eventualmente, podrá procesar ramas y otras hierbas, con tal de que estén debidamente trituradas. No debe procesar los residuos de barrido, mucho menos los de servicios de salud, siendo estos destinados al relleno sanitario y a la incineración, respectivamente.

Los residuos sólidos domiciliarios tienen una composición variable, según la estación del año y las diversas características de cada localidad, principalmente por los aspectos socioeconómicos y culturales de la población. Generalmente, sin embargo, cerca de un 50% de su peso está constituido por materia orgánica, que contiene sobras de cocina y restos de origen vegetal y animal, además de papel, cartón y otros materiales proclives a degradación biológica.

Características de la fracción orgánica de los residuos sólidos destinada al proceso de compostaje

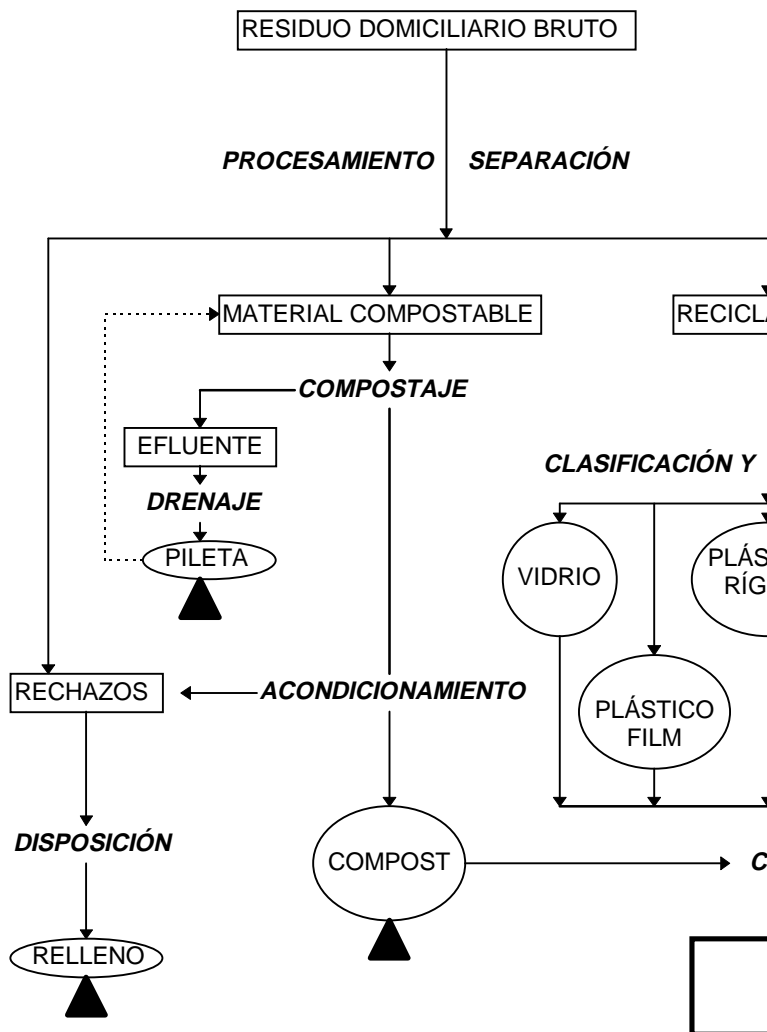
- **pH** - es ácido. Lo ideal es que está cerca de la neutralidad;
- **niveles de carbono (C) y nitrógeno (N)**, deben ser tales que la relación C/N sea del orden de 30/1.
- **granulometría** - el residuo debe tener una granulometría adecuada para el proceso según el método natural, a fin de garantizar una buena aeración de las hileras. Las dimensiones de las partículas deben alcanzar 1,2 cm x 5 cm (0,5 x 2"). El exceso de partículas finas puede provocar la producción de lixiviado y la formación de aglomerado;
- **humedad** - debe estar entre 40 y 60%, para posibilitar una buena aeración;
- **materiales indeseables** - se deben evitar dos tipos de materiales: los que pueden perjudicar la calidad del producto, como cascos de vidrio, y los que pueden perjudicar el proceso, como el exceso de film plástico

El resto está constituido por materiales que se pueden reaprovechar -los reciclables-, como vidrio, plásticos, metales ferrosos y no ferrosos (aluminio, cobre, zinc), trapos y cueros, y también los que pueden no tener valor comercial, como lozas, maderas, piedras, cauchos, ladrillos y bloques rotos, etc. Estos constituyen el llamado «desecho» de los residuos sólidos, y según su clasificación, deben ser destinados al relleno sanitario o al

vertedero de residuos inertes.

El esquema de la Figura 10 representa el flujo de los componentes de los residuos domiciliarios en una planta de clasificación y compostaje

FIGURA 10
Flujo de materiales en una planta de clasificación y compostaje



5 Pautas para proyectar una planta de clasificación y compostaje

El proyecto de una planta de clasificación y compostaje debe ejecutarse considerando las características socioeconómicas y culturales de la población atendida. Se debe siempre evaluar las diferentes fases del proceso y comparar las alternativas, tomando en cuenta:

- economía de espacio en el relleno sanitario;
- reducción de los costos de instalación;
- menor costo operacional;
- mejor rendimiento en la separación de materiales reciclables;
- mejor calidad del compost;
- menor deterioro ambiental;

Los principales factores a considerar son:

- las características de los residuos procesados (ver Capítulo II);
- mercado actual y potencial de compost y reciclables en la zona de influencia de la planta;
- régimen de trabajo (generalmente un solo turno - 44 hs. semanales);
- datos sobre el crecimiento poblacional (se debe prever el servicio a la población por 10 años como mínimo);
- paradas para mantenimiento (se recomienda utilizar los sábados para la limpieza y el mantenimiento de las instalaciones);
- características del proceso escogido (rendimientos, pérdidas, tiempo de compostaje y necesidad de espacio);
- características de los equipos adquiridos (dimensiones, materiales de construcción).

En el Cuadro 1 se presentan las principales recomendaciones para un proyecto de esta clase, agrupadas por sector.

CUADRO 1
Recomendaciones para un proyecto de planta de clasificación y compostaje a partir de los residuos sólidos domiciliarios¹⁷

Sector	Recomendación
Recepción	<ul style="list-style-type: none"> • prever balanza para camiones; • patio de recepción, preferentemente pavimentado con drenaje; • foso de descarga debe ser cubierto, con captación de lixiviado; • paredes de tolvas y deslizadores deben tener inclinación mínima de 60 grados en relación a la horizontal; • fosos deben tener paredes verticales de un lado e inclinadas de los otros, para favorecer el escurrimiento de los residuos.
Clasificación	<ul style="list-style-type: none"> • utilizar motores eléctricos a prueba de polvo y de agua; • correa con ancho útil máximo de 1 metro, velocidad entre 6 y 12 m/min, con variador de velocidades (juego de poleas), equipada con electroimán o polea magnética; • en caso de uso de tamiz, usar el de tipo rotativo, con sección circular o hexagonal; malla de como mínimo 5 cm, y rotación entre 14 y 20 rpm.
Patio de compostaje	<ul style="list-style-type: none"> • se debe prever volteadora de hileras o pala cargadora; • tiempo de compostaje varía con las características de la materia prima y del clima de la región - en general, de 60 a 90 días en climas cálidos y 90 a 120 días en climas fríos; • utilizar hileras con altura entre 1,2 y 1,8 metros; • el patio debe tener inclinación de cerca de 2/1.000, y contar con sistema de drenaje para captación de lixiviado y aguas pluviales, conduciéndolas a la pileta de estabilización; • el área del patio debe incluir sectores de tamizado del compost, secado y almacenamiento del compost curado.
Acondicionamiento	<ul style="list-style-type: none"> • utilizar tamices rotativos de sección circular o hexagonal, con malla de aprox. 20 mm de abertura. Se puede prever tamices con doble malla, para producir dos tipos de compost, uno de abertura gruesa y otra fina; • los fardos deben tener peso máximo de 40 kg.
Otras instalaciones	<ul style="list-style-type: none"> • vertederos deben tener capacidad mínima para 10 años de operación y estar a una distancia máxima de 15 km de la planta; • canteros de vermicompostaje deben prever 30 a 50 días de operación; • otras instalaciones existentes (administración, mantenimiento, almacén e instalaciones opcionales como vivero para trasplante y huerta) deben situarse en posiciones adecuadas para facilitar el acceso y evitar problemas de pérdida y contaminación.

Elección del sitio

Otro factor de gran importancia es la elección del sitio para instalar la planta.

Cualquier emprendimiento acerca de la disposición de residuos sólidos domiciliarios o industriales debe seguir procedimientos y atenerse a criterios técnicos, que le permitan al organismo encargado del medio ambiente la aplicación de las leyes o resoluciones vigentes para conceder el permiso respectivo.

A modo de información, es interesante conocer que en Brasil (Resolución CONAMA n° 001/96), para las plantas de clasificación y/o de reciclaje de residuos sólidos domiciliarios que procesen una cantidad igual o mayor que 100 ton/día, es obligatoria una Evaluación de Impacto Ambiental y su respectivo Relatorio de Impacto al Medio Ambiente (EIA/RIMA). Si la cantidad fuera inferior a 25 ton/día, esto podrá ser prescindido, introduciéndose una relación de apéndices a las exigencias técnicas del permiso de instalación. La Resolución no contempla instalaciones entre 25 y 99 ton/día, de modo que en estos casos el organismo de control del medio ambiente deberá ser siempre consultado.

Para plantas de compostaje, en municipios con producción de residuos domiciliarios inferiores a 100 ton/día, cuya población atendida es generalmente inferior a 200 mil habitantes, hay necesidad de EIA/RIMA cuando se dan algunas de las siguientes condiciones:

- el emprendimiento se destina al tratamiento de residuos domiciliarios;
- su ubicación inadecuada puede causar impacto ambiental en la región;
- el patio de cura del compost puede ser fuente de polución de aguas superficiales o subterráneas.

Todas las informaciones y criterios exigidos son válidos, también, para instalaciones de clasificación, transferencia y rellenos sanitarios, incluyendo aquellos que operan en conjunto con las plantas.

En Uruguay, a nivel nacional rige la Ley 16.466 del 19 de enero de 1994 de Evaluación de Impacto Ambiental y su reglamentación el Decreto 435/994. Dentro de la lista de actividades comprendidas por la ley, relativo al tema residuos sólidos, sólo están explicitadas las plantas de tratamiento y disposición final de residuos tóxicos y peligrosos, habiendo un párrafo final que deja abierto la inclusión de otras actividades a juicio del Poder Ejecutivo. (Ver Anexo A).

Es importante conocer que hay antecedentes en la región, de pleitos por considerar el manejo de los residuos sólidos urbanos como actividad de residuos peligrosos. El caso a que se hace referencia es a un proceso licitatorio para la concesión de los servicios de recolección de los residuos urbanos de la Ciudad de Buenos Aires, que fue suspendido - agosto de 1997 - en virtud de una resolución judicial, que acogió favorablemente objeciones formuladas por una asociación ecologista al contenido del pliego de condiciones. La exigencia de dicha asociación era que no se adjudicara ninguna empresa hasta tanto no se adecuara el Pliego a la Ley Nacional de Residuos Peligrosos N° 24.051 de Argentina³⁸.

Urbanización

Se debe elaborar un proyecto paisajístico para la planta de clasificación y compostaje, a fin de volver el sitio más agradable, mejorando el posible mal aspecto que pueda tener, por el hecho de estar trabajando con residuos.

Del proyecto de paisajismo, deben resultar espacios cubiertos de pasto, canteros con plantas ornamentales, y siembra de árboles alrededor de las instalaciones. Plantar, con preferencia, árboles frondosos y de crecimiento rápido como eucaliptos, pinos y grevillas. Cuando los árboles crezcan, ocultarán las instalaciones a la vista de los transeúntes, lo cual es psicológicamente positivo, ya que un centro de procesamiento de residuos sólidos

suele percibirse como una instalación desagradable. Una cortina de árboles alrededor de la planta de clasificación amortigua el viento, que podría esparcir malos olores por el vecindario, permitiendo su ascenso por convección hasta una altura que favorezca su dispersión en la atmósfera; además, ofrece mayor privacidad a los trabajos que se realizan en su interior.

6 Creación de una planta de clasificación y compostaje

Inversión necesaria

Se estima que el costo medio de inversión por tonelada diaria de capacidad instalada de procesamiento de residuos sólidos domiciliarios urbanos en una planta de clasificación y compostaje, donde se trabaje con el proceso «acelerado», sería del orden de US\$ 25.000, mientras para el proceso «natural» sería de US\$ 11.000. En esos valores no está incluido el capital necesario para la adquisición del terreno o las expropiaciones, debido a las variaciones de éstos precios según las localidades, como tampoco los movimientos de tierra y la preparación del patio³³.

La contratación de terceros para la instalación de la planta, requiere una inversión del orden de US\$ 40.000 a 50.000 para el proceso acelerado, y de US\$ 25.000 a US\$ 30.000 para el proceso natural. En estos valores se incluyen los movimientos de tierra y la preparación del patio³³.

La elección de la alternativa del proceso está fuertemente influenciada por la gravedad del problema y la disponibilidad de espacio para el patio de cura. En términos generales, se puede decir que el proceso «acelerado» es más recomendable para instalaciones de mayor capacidad (a partir de 200 t/día), y requiere menos espacio en patios, debido al menor tiempo de permanencia del material en los mismos.

Gastos operacionales

Las informaciones sobre costos operacionales de estas instalaciones son bastante imprecisas cualquiera sea el proceso considerado. Plantas con capacidad de 50 ton/día que operan por el método «natural», presentan valores entre US\$ 6,00 y US\$ 10,00 por tonelada procesada, sin considerar los costos de mantenimiento y recuperación/pago de capital. Un modelo ideal de 95 ton/día supone un gasto de US\$ 20,00 por tonelada de residuos sólidos brutos, todos los costos incluidos.

En Brasil, una planta de compostaje acelerado, que procesa 110 ton/día operada por la empresa privada, recibe del poder público cerca de US\$ 13,50 (sin contar los gastos de mantenimiento) por tonelada procesada, quedando tanto el compost como los materiales reciclables en poder de la prefectura. Otra operadora privada cobra de una prefectura del Estado de São Paulo US\$ 18,00 por tonelada procesada, incluyendo mantenimiento y quedando con la propiedad de los productos. Este precio puede alcanzar valores de US\$ 35,00 a US\$ 45,00 para el proceso natural con capacidad de hasta 50 ton/día y US\$ 50,00 a US\$ 80,00 para el acelerado, con capacidad igual o superior a 200 ton/día, cuando la operadora no queda con la propiedad de los productos y presta servicios especiales, tales como, monitoreo del proceso, empleo del personal altamente calificado, etc.³³.

Espacio físico

El proceso acelerado, recomendable para instalaciones con capacidad superior a 200 ton/día, exige menos espacio en el patio de compostaje que el proceso natural (recomendable hasta 200 ton/día), debido al menor tiempo de permanencia del material en proceso de biodigestión y mayor área cubierta por instalaciones industriales. En ambos procesos, las instalaciones administrativas exigen espacios iguales, y los rellenos demandan áreas proporcionales a la cantidad de desechos. Las áreas efectivamente necesarias dependerán de la topografía local, del nivel de reciclaje y de las instalaciones adicionales (como viveros, instalaciones para cría de lombrices -vermicompostaje-, jardines, cercas vivas, etc.), sea cual sea el proceso adoptado. En cifras redondas, se puede decir que para insta-

laciones con capacidad de procesamiento de 200 t/día (valor donde la comparación es más realista), serían necesarias unas 8 há para el proceso acelerado y más de 12 há. para el natural. Si no se toma en cuenta el espacio para el relleno sanitario, estos números bajan a 5 y 6 há, respectivamente. Se debe considerar, además, que para capacidades mayores -para las cuales es más recomendable el proceso acelerado- la economía de espacio sería considerablemente mayor con este proceso.

Otros requisitos administrativos

Cabe enfatizar la necesidad de integración administrativa e institucional de las actividades del servicio de limpieza pública. Esto requiere preparación e instrumentación específicas del poder público, tanto en la hipótesis de operación directa, como en la tercerización de las diversas fases y actividades (Anexo A).

Permiso de instalación

Las siguientes informaciones básicas deben ser suministradas por el emprendedor para solicitar el permiso de instalación de una planta de clasificación y compostaje:

- alternativas de ubicación;
- ajuste del sitio en área de interés ambiental;
- vías y medios de acceso a la instalación;
- existencia de cuerpos de agua en el área de influencia;
- uso y ocupación del suelo en las áreas vecinas;
- datos sobre la predominancia y dirección de los vientos;
- posibles problemas como consecuencia de la implantación del emprendimiento como, desvalorización inmobiliaria e intensificación del tráfico en el área;
- mapas de la región, en escala 1:10.000, indicando las informaciones relacionadas.

Recomendaciones

Los equipos y las instalaciones deben ser realizados por firmas calificadas, que usen materiales adecuados al uso específico, anexen manuales y den garantías.

La calidad de un producto generado en un proceso industrial es el resultado de la contribución de todas las etapas involucradas, desde el proyecto de las instalaciones hasta su utilización por parte del consumidor.

La utilización de técnicas y prácticas adecuadas optimiza el rendimiento del proceso como un todo y propicia el suministro de un producto más adecuado a las expectativas del consumidor.

Importante

No es verdadero el argumento de la «ganancia» de una planta de clasificación y compostaje, de la que muchas veces se habla a los gestores públicos o privados de los servicios urbanos. Las ventas de materiales reciclables y de compost no cubren ni siquiera los gastos operacionales correspondientes, y mucho menos los costos financieros y de inversión. Para lograr el equilibrio económico, los ingresos de una planta de clasificación y compostaje deben complementarse con un impuesto de servicios que, en general, llega hasta el 60% del costo total de operación.

7 Operación de la planta de clasificación y compostaje

En el Cuadro 2 se presentan las principales recomendaciones de operación, agrupadas por sector, con miras en el buen funcionamiento de las instalaciones y la obtención de un producto de calidad.

CUADRO 2
Recomendaciones de operación de una planta de clasificación y compostaje de residuos sólidos domiciliarios¹⁷

SECTOR	RECOMENDACIONES
Recepción	<ul style="list-style-type: none"> • pesar camiones llenos y vacíos al entrar y salir de la planta; • procesar exclusivamente residuos domiciliarios; no tratar barrido y material proveniente de servicios de salud; • retirar residuos voluminosos para evitar atascamiento; • no dejar los residuos parados más tiempo del estrictamente necesario.
Clasificación	<ul style="list-style-type: none"> • el primer operador rasga las bolsas de residuos cerradas; • los clasificadores en lados opuestos deben estar intercalados; • no colocar dos operadores consecutivos seleccionando el mismo material; • entrenar cada funcionario en la clasificación de más de un material; • si hay funcionarios en entrenamiento, usar velocidad baja de la correa; • retirar el máximo posible de film plástico, pilas (baterías), metales e inertes.
Patio de compostaje	<ul style="list-style-type: none"> • voltear las hileras con la periodicidad requerida, garantizando una frecuencia mínima de dos veces por semana en la fase termófila, disminuyendo en función de la evolución del compostaje; • mantener la humedad entre 50 y 60% durante el compostaje; • mantener placas con identificación y datos sobre las hileras; • un eventual compostaje conjunto deberá iniciarse con relación C/N=30; • observar comportamientos anormales y corregirlos.
Acondicionamiento	<ul style="list-style-type: none"> • separar vidrios por color y plásticos por tipo; • si se hace vermicompostaje, evaluar la necesidad de retirar, total o parcialmente, las lombrices al final; • utilizar paradas y fines de semana para acondicionamiento complementario.
Otras instalaciones	<ul style="list-style-type: none"> • ejecutar limpieza y mantenimiento semanal los sábados; • las eventuales huertas y viveros deberán ser monitoreados periódicamente para evaluación de la calidad de los productos y de la necesidad de complementar con fertilizante mineral; • almacén debe mantener existencia de principales piezas de reposición; • si hay incinerador de residuos de servicios de salud, en las instalaciones de la planta, garantizar independencia de circuitos de los materiales.

Recursos humanos

La mano de obra es el factor que más influye en el costo operacional de una planta. Su dimensión depende de una serie de factores, como: capacidad de la planta, nivel de entrenamiento de los operadores, grado de acondicionamiento de los productos y estilo de gestión.

El sector que más mano de obra emplea es el sector de clasificación. En Brasil se acostumbra utilizar un obrero por cada metro lineal de correa móvil. Como ejemplo, se puede sugerir la siguiente distribución de empleados para una instalación que atiende una zona de 110 mil habitantes, con dos correas móviles de 16 m de largo cada una:

Gerente	1
Administrativos	6
Técnicos de nivel medio	2
Choferes	2
Operadores de máquinas	2
Técnicos no calificados	53

Monitoreo

Según ya se expuso, los principales factores que influyen en el proceso de compostaje son: la temperatura, la humedad, el pH y la aeración. La temperatura y el pH evolucionan en función de las otras variables sobre las cuales se puede actuar operacionalmente, como se indica a continuación.

Aeración - el proceso de compostaje es aeróbico, debiendo haber siempre oxígeno del aire entre las partículas de residuos sólidos. En el proceso natural no existe monitoreo del nivel de aeración, ya que esta ocurre simplemente por difusión y convección natural. En este sentido, los problemas de rutas preferenciales y zonas anaeróbicas se minimizan mediante el volteo del residuo, que se debe hacer con la frecuencia adecuada, a lo largo de todo el proceso.

En el método acelerado, en el cual existe inyección de aire, debe haber monitoreo y, de ser posible, registro continuo de la aeración para garantizar condiciones adecuadas.

Humedad - se debe evaluar la humedad del material en compostaje, al comienzo y semanalmente, por medio de la toma de muestras, para su determinación en laboratorio (secado en estufa). Si la humedad es elevada, se deben hacer hileras más bajas, o voltearlas con mayor frecuencia; si es baja, regarlas con agua natural o lixiviado diluido, al mismo tiempo que se procede a voltear la hilera.

Temperatura y pH - a pesar de ser resultantes de las otras variables, el seguimiento de la temperatura y del pH es fundamental para diagnosticar la existencia de problemas operacionales o indicar la fase (bioestabilización o humificación) en que se encuentra el proceso. La medida de la temperatura se debe hacer con un termómetro adecuado, que permita la lectura a unos 40 cm por encima de la superficie de los residuos; la del pH, con un aparato específico o utilizando papel indicador.

Tomar la temperatura es más importante en la fase termófila, cuando debe hacerse diariamente. En la fase mesófila, se sugieren por lo menos dos mediciones semanales, en cada pila. Las mediciones se deberán hacer en varios puntos de una misma hilera, para obtener una media representativa.

Gestión de la planta de clasificación y compostaje

El buen funcionamiento de las actividades de una planta de clasificación y compostaje depende de una serie de elementos, desde el proyecto hasta la operación. Las actividades de todos los niveles influyen en la calidad de los productos generados y en la productividad de la planta.

La dirección desempeña un papel de fundamental importancia en la calidad de los resultados.

Al gerente de una planta le incumbe la responsabilidad de la operación y manteni-

miento de las unidades, al igual que el desarrollo y la coordinación de todas las actividades vinculadas, directa o indirectamente, a la instalación que puedan influir en su rendimiento técnico, operacional y financiero. Como ejemplos de estas actividades, se puede citar:

- **entrenamiento del personal** - debe implicar la capacidad para operar más de un equipo y realizar más de una función; explicación del proceso, para que todos comprendan la importancia de cada etapa y del resultado final, y su significación para la sociedad y el medio ambiente; nociones de salud e higiene; riesgos y equipos de protección individual.
- **motivación del personal** - además del entrenamiento anterior, se pueden promover otras prácticas, a fin de volver el trabajo más agradable e incentivar el buen desempeño del personal, como: establecer una participación en las entradas por venta de los productos; fijar metas de productividad y recompensas por su logro; reuniones periódicas para discutir los resultados, mecanismos incentivadores de sugerencias para mejoras en los procedimientos y resultados. Pequeños detalles muchas veces aportan grandes resultados;
- **seguimiento y promoción de mercados** - actividades que impliquen la observación del desarrollo regional y, sobre todo, de los precios de compost y reciclables; contactos con los compradores, para evaluar el grado de satisfacción con los productos, y sugerencias sobre posibles modificaciones que los vuelvan más atractivos; contactos con clientes potenciales para evaluar las perspectivas de expansión, las especificaciones y la competencia del mercado.
- **actividades promocionales** - para divulgar/mejorar la imagen de la planta ante la población, promoviendo campañas explicativas, videos, folletos, revistas promocionales con el eventual aprovechamiento de productos de la empresa, como hortalizas, flores y plantas provenientes de la huerta y los viveros abonados con compost; campañas incentivadoras de la recolección selectiva; programa de visitas guiadas de escuelas y otras instituciones, etc.

8 Alternativas de la planta, en función de la población atendida

A continuación se presentan las alternativas que se consideran más recomendables para la realización de la clasificación y el compostaje a nivel industrial, en función de la población atendida. Para plantas de pequeño porte (las que tratan los residuos sólidos domiciliarios de hasta 150 mil personas), se debe adoptar el método del compostaje natural, más lento y con menores exigencias de inversión. Para instalaciones que tratan los residuos sólidos de más de 300 mil habitantes, se recomienda la utilización del proceso acelerado, más rápido, y que requiere menor espacio. Plantas para atender poblaciones de entre 150 y 300 mil habitantes deberán ser objeto de evaluación técnico-económica, para escoger la alternativa más adecuada.

Pequeñas comunidades con menos de 60 mil habitantes, deberán crear un consorcio con los municipios vecinos para instalar una planta común en un punto estratégico, de modo que resulte más económica para todos los interesados.

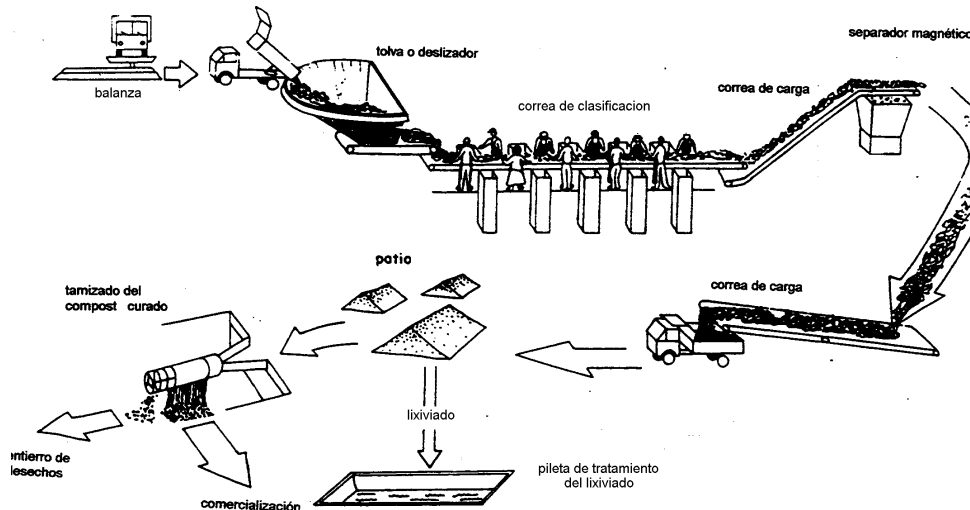
Plantas para regiones con hasta 60 mil habitantes

Una instalación muy simple y pequeña se halla esquematizada en la Figura 11. En este caso, se descargan los residuos sólidos directamente en un foso con piso móvil, que alimenta la correa de clasificación, de donde se retiran los elementos reciclables. La polea de descarga debe ser magnética, para que retire las pilas, baterías y otros materiales ferrosos.

El material no seleccionado, rico en materia orgánica, va al patio de compostaje, donde permanece de 60 a 90 días en hileras que se voltean periódicamente. Al final, se tamiza el compost, para reducir su granulometría y remover los materiales indeseables. Esos se suman a los voluminosos, y se despachan para el relleno de desechos.

Eventualmente, la misma instalación puede servir para tratar los residuos sólidos brutos o los residuos provenientes de la recolección selectiva, y que llega en dos tipos de recipientes: uno con residuos sólidos orgánicos (restos de cocina, de sanitarios y poda y limpieza de jardines), y otro con materiales reciclables.

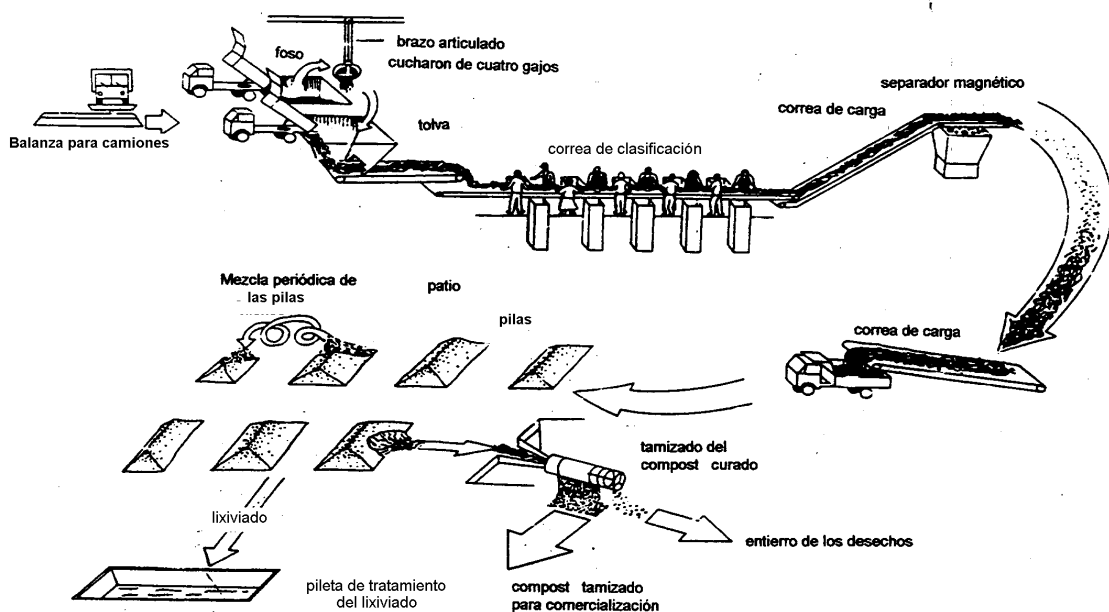
FIGURA 11
Plantas para poblaciones de hasta 60 mil habitantes



Plantas para regiones con población de 50 a 100 mil habitantes

En la Figura 12 se presentan las instalaciones para una planta un poco mayor, que atiende a una población de 50 a 100 mil habitantes. En este caso, la recepción consta de un foso, que sirve como un pulmón, para alimentar, mediante un pulpo con brazo articulado, una tolva con piso móvil, la cual a su vez alimenta la correa de clasificación.

FIGURA 12
Plantas para poblaciones de hasta 50 a 100 mil habitantes

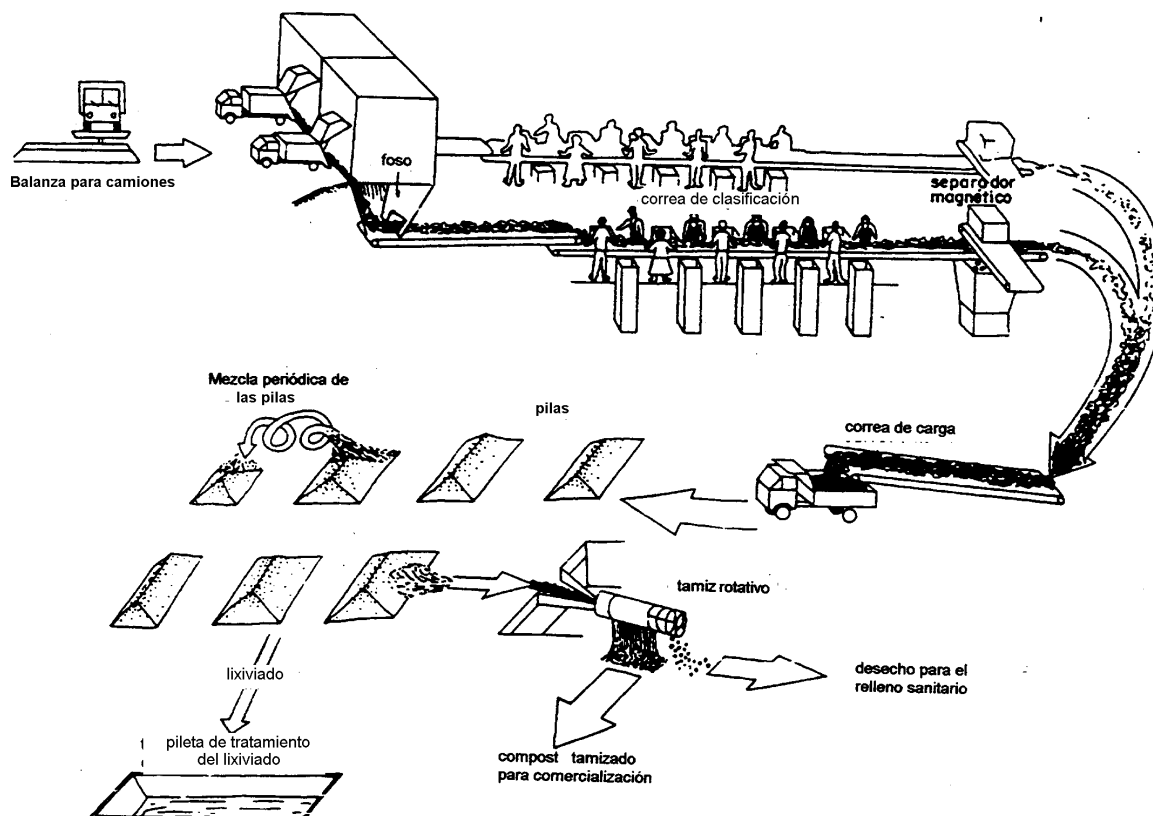


Los demás equipos son los mismos de la planta anterior, pero con mayores dimensiones. Opcionalmente, se puede colocar un tamiz antes de la correa de clasificación, para eliminar los materiales más gruesos y facilitar la captación de los reciclables.

Plantas para regiones con población de 75 a 150 mil habitantes

Para población de 75 a 150 mil habitantes se recomienda utilizar la configuración que se presenta en la Figura 13. Los equipos son los mismos del caso anterior, pero la línea de clasificación se duplica. Con ello se evita la necesidad de correas móviles demasiado largas, con la ventaja adicional de que, en caso de que se presenten problemas con una línea, no se paraliza totalmente el proceso. En este caso, además, se puede trabajar con capacidad total, aumentando la velocidad de la correa en funcionamiento. A pesar de disminuir la eficiencia de la clasificación, ese método puede evitar la acumulación de residuos sólidos en la planta y/o la necesidad de trabajar horas extra para evitarlo.

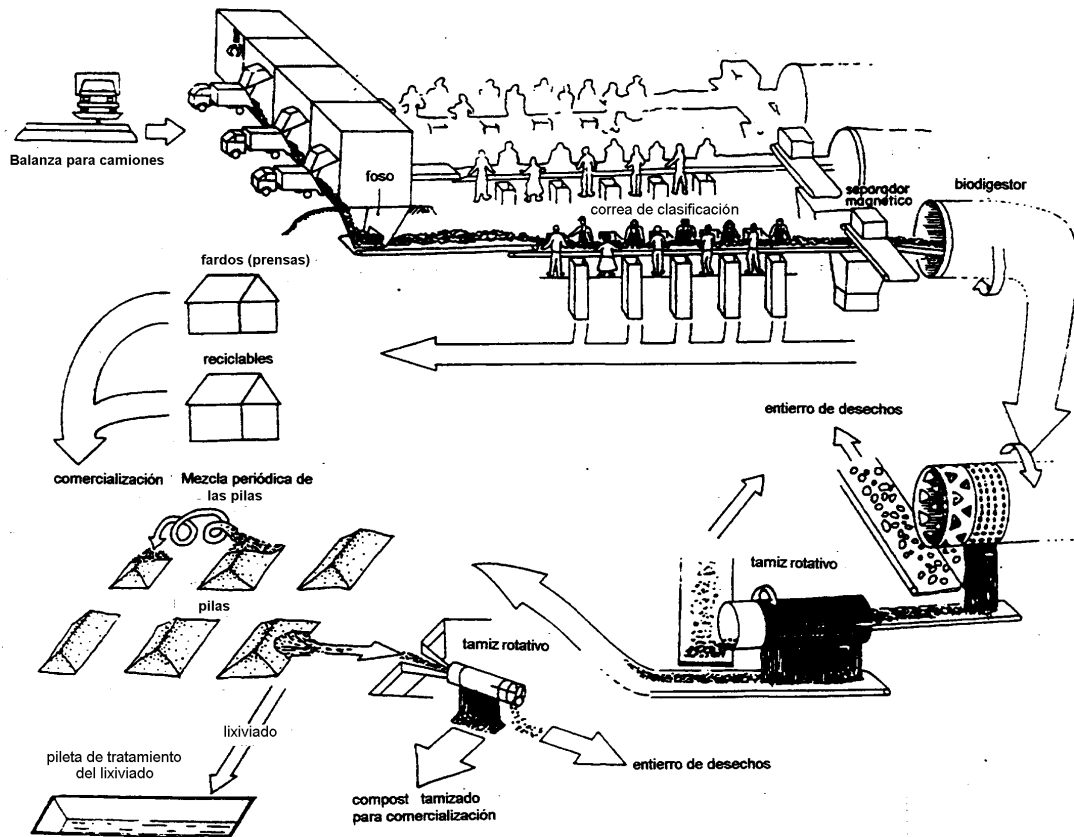
FIGURA 13
Plantas para poblaciones de 75 a 150 mil habitantes



Plantas para regiones con población de más de 300 mil habitantes

Son instalaciones de compostaje acelerado, donde el procedimiento difiere del compostaje natural por la presencia de un digestor o reactor, también denominado bioestabilizador. En esta clase de plantas se encuentran equipos con características y metodologías especiales, que no se encuentran en las de compostaje natural. Entre tales equipos se pueden mencionar: más de una línea de tratamiento de residuos sólidos; grandes fosos y tolvas, atendidas por un puente rodante; separadores magnéticos, neumáticos y balísticos, para la remoción mecánica de reciclables o de inertes; filtros biológicos para gases y partículas; tratamiento de aguas residuales y lixiviado; poderosas máquinas especiales para voltear el compost en el patio (Figura 14).

FIGURA 14
Plantas para poblaciones de más de 300 mil habitantes:
compostaje acelerado



El digestor es un equipo fundamental, con las siguientes funciones: a través de la rotación y el sacudimiento de los residuos sólidos en su interior, mezcla mecánica y continuamente los componentes más ligeros con los más pesados, los más secos con los más húmedos, tritura o deshace los componentes más frágiles, con lo cual suple el empleo de un triturador, que es común en instalaciones pequeñas. Los sacudimientos de los residuos sólidos provocan, además, una eficiente renovación del aire en el interior de la masa y el comienzo de la descomposición, provocando una temperatura termófila suficiente para eliminar los organismos patógenos.

9 El compost orgánico

Legislación

El fertilizante compost, producido a partir de residuos sólidos urbanos domiciliarios, puede presentar características variables en función de la composición de la fracción orgánica de los residuos y de la operación de la planta.

En vistas que en Uruguay no existe aún una reglamentación sobre fertilizantes orgánicos, a continuación se describe a modo informativo la normativa brasilera³⁵.

En Brasil, las características de los materiales comercializados como fertilizantes deben obedecer las especificaciones de la Legislación Brasileira, del Ministerio de Agricultura. El Decreto-Ley n° 86.955 del 18.02.82, la Resolución MA 84 del 29.03.82, y la Resolución n°01 de la Secretaría de Fiscalización Agropecuaria del Ministerio de Agricultura del 04.03.83, disponen sobre la inspección y la fiscalización de la producción y el

comercio de fertilizantes y correctivos agrícolas y aprueban normas sobre especificaciones, garantías y tolerancias.

El compost orgánico está contemplado en la ley como fertilizante orgánico o más específicamente como fertilizante compost.

Los Cuadros 3 y 4 presentan, respectivamente, las especificaciones de parámetros físicos, químicos y de granulometría estipulados por el Ministerio de Agricultura Brasileiro.

La granulometría del tipo granulado grueso no debe ser aplicada al compost de residuos, ya que materiales como tapas de botellas de refrescos, pequeños trozos de vidrios e hilos metálicos que no serían retenidos por esas mallas, deben ser separados en la fase de acondicionamiento para poder ser usados en aplicaciones agrícolas. En la práctica se usa una malla de 20 mm, lo que produce un resultado intermedio entre granulado y granulado grueso, con buen aspecto y buena calidad para el manejo.

CUADRO 3		
Valores establecidos como parámetros de control para compost orgánico y tolerancias, conforme a Legislación de Brasil.		
Parámetro	Valor	Tolerancia
pH	mínimo 6.0	hasta 5,4
Humedad	máximo 40%	hasta 44%
Materia orgánica	mínimo 40%	hasta 36%
Nitrógeno total	mínimo 1,0%	hasta 0,9%
Relación C/N	máximo 18/1	hasta 21/1

CUADRO 4		
Especificaciones para granulometría de fertilizantes		
Granulometría	Exigencia (el producto debe pasar)	Tolerancia (debe pasar)
Granulado	100% en malla de 4,8 mm 90 % en malla de 2,8 mm	hasta 85 % en malla de 4,8 mm
Granulado grueso	100% en malla de 38 mm 90 % en malla de 25 mm	no admite

Aplicación

El factor más importante del fertilizante compost es la materia orgánica, responsable por la fertilidad de los suelos y fuente de energía para los microorganismos que los habitan. Contribuye para mejorar las propiedades físicas del suelo como agregación, porosidad, capacidad de retención de agua (que reduce la erosión) y de retención de cationes. Además de eso, presenta nutrientes minerales (N, P, K, Ca, Mg, S y micronutrientes) que pueden ser usados por las plantas.

La aplicación de 20 ton/há de compost al suelo agrega, con base en un material con 40% de humedad, cerca de 146 kg de nitrógeno como N, 74 kg de fósforo como P O₂, y 64 kg de potasio como K O, cantidades suficientes para suplir las exigencias nutricionales de nitrógeno para cereales y otros cultivos, siendo necesaria la suplementación mineral para adecuar los niveles de fósforo y potasio.

Si el compost fuera efectivamente de buena calidad, esto es, si estuviera bien curado y exento de materiales inertes indeseables, su aplicación en la agricultura es análoga a la

del estiércol de corral. Por lo que, las mismas cantidades usadas de estiércol de corral para los cultivos perennes o anuales, pueden ser aplicadas para el compost orgánico proveniente de residuos.

Como ejemplos, cultivos de hortalizas pueden recibir de 20 a 40 ton/há o 30 a 60 L/10 m² en cobertura e incorporados inmediatamente al suelo; viveros, de 20 a 30 L de compost por cantero; algodón, maíz y otros cereales, de 20 a 30 L/10 m lineales de surco; pasturas, de 15 a 20 ton/há; etc.

Las técnicas de aplicación del compost orgánico son las mismas adoptadas para los fertilizantes minerales.

Valor y precio del compost

Una manera de establecer el valor del compost orgánico se basa en el contenido en materia orgánica, utilizando como referencia los precios de sus competidores, los estiércoles de corral o de granja. Otra manera que ha sido propuesta con esta finalidad, se basa en el contenido de macronutrientes primarios (NPK) contenidos en el fertilizante mineral y en el compost, además del contenido de materia orgánica del compost.

Niveles de NPK encontrados en el compost curado producido en diversas plantas de compostaje, operando según los métodos natural y acelerado, fueron obtenidos por análisis efectuados en la División Química del IPT. Para efecto de este estudio, se seleccionaron los resultados más representativos, buscando elegir los valores más próximos a los que posiblemente se obtuvieran de una planta hipotética, conceptualmente equilibrada, construida y operada dentro de estándares técnicos aceptables.

A los efectos de la comparación, fue adoptada la formulación NPK 12-6-6, que representa una fórmula comercial que mantiene proporcionalidad con los valores medios observados para los niveles correspondientes en las muestras de compost orgánico. Considerando las relaciones entre los contenidos de estos nutrientes, presentes en el compost orgánico y en el fertilizante mineral comercial, la equivalencia de masas media es de 17:1. Una ilustración de esta equivalencia está mostrada en la Figura 15.

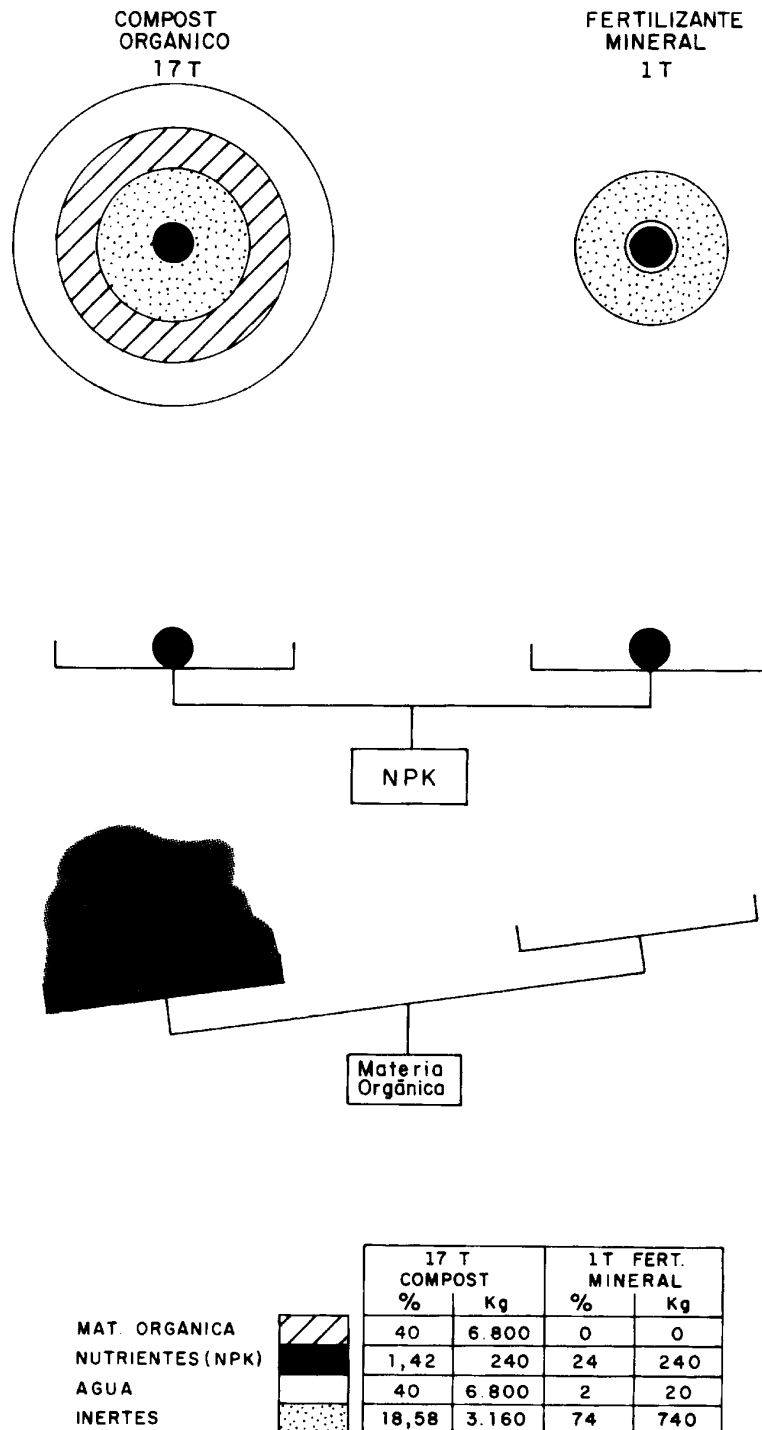
Para obtener los valores de nutrientes primarios, fueron considerados los costos de sulfato de amonio, urea, superfosfato simples y cloruro de potasio. Los valores de los macronutrientes secundarios y de los micronutrientes contenidos en el compost orgánico fueron despreciados. En cuanto a la materia orgánica, fue aumentado el equivalente a un tercio del valor del nitrógeno contenido. Además de esos costos, se incluyó el transporte. Cabe también agregar los siguientes puntos:

- de modo general, el compost orgánico es usado intensivamente en cultivos de alto valor unitario, cuyas áreas de plantío son relativamente pequeñas;
- los pequeños agricultores tienen, en general, dificultad en adquirir los fertilizantes minerales debido a su costo;
- para esos agricultores, el precio unitario de los fertilizantes minerales tiende a ser más alto, en la medida en que son adquiridos en pequeñas cantidades, generalmente, a revendedores;
- en las plantas de compostaje, se observa una fuerte tendencia a subsidiarles la compra de compost orgánico, en algunos casos entregando, hasta ciertas distancias, sin cobrar el flete;
- las cantidades menores de fertilizante que adquieren los agricultores pequeños, tienden a aumentar el costo unitario del transporte, lo que no sucede con el compost orgánico, necesariamente requerido en mayor cantidad.

Considerando estos elementos, fue llevado a cabo un estudio de costo final de ambos insumos, colocados en el establecimiento, permitiendo variación en la distancia de transporte y en la cantidad adquirida/transportada, manteniendo la equivalencia en términos del contenido de NPK. Se consideró un consumo medio de fertilizante mineral de 500 kg/há.

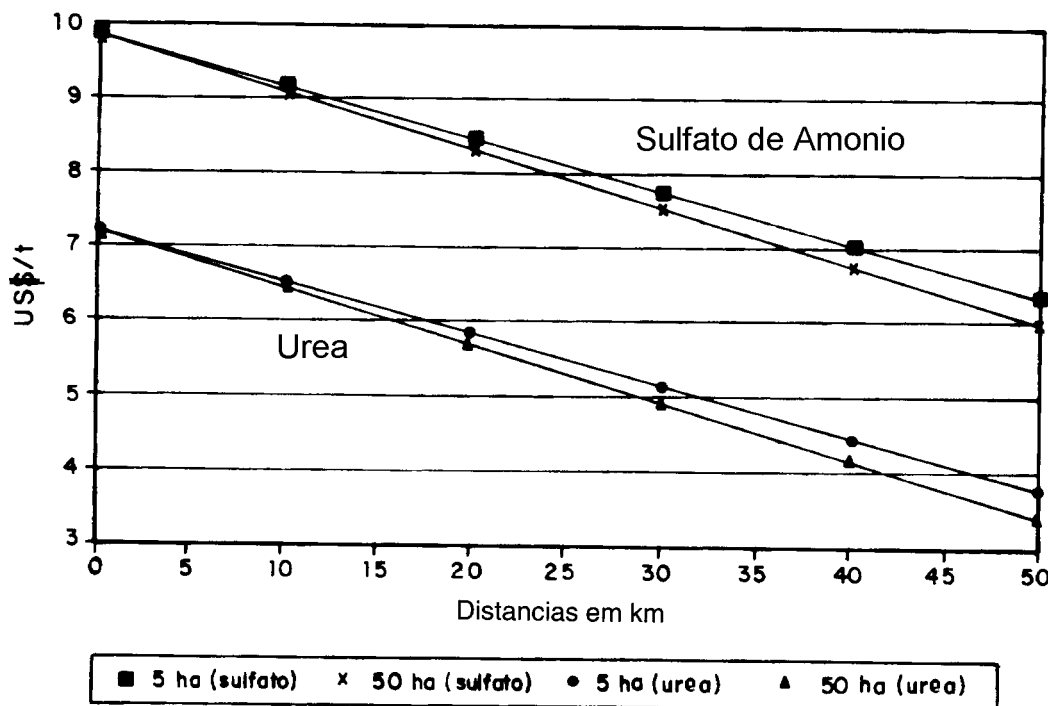
Para áreas de plantío variando entre 5 há y 50 há, fueron calculados el consumo de fertilizante mineral, el consumo equivalente de compost orgánico y los respectivos costos de transporte por km, seleccionando el vehículo más adecuado a cada caso. Las curvas de la Figura 16 representan una variación del valor de la tonelada de compost, comparado al precio de fertilizante mineral, en función de la distancia del transporte. Para una distancia de 20 km, una media local en muchas plantas paulistas, el compost podría ser vendido hasta US\$ 5,80/ton, si comparamos con el fertilizante producido a base de urea, y hasta US\$ 8,40/ton, si comparamos con el fertilizante producido a base de sulfato de amonio.

FIGURA 15
Valor nutricional del compost en relación al fertilizante mineral



La adopción del compost orgánico por el agricultor, en sustitución del fertilizante mineral, precisa superar aún las cuestiones de aplicación en el suelo, pues implica manejo de una cantidad de material 17 veces mayor, y superar también la desconfianza en las potencialidades de un producto proveniente de residuos. La solución de la primer cuestión puede ser intentada a través de una política de precios bien formulada, y la segunda a través de garantía de calidad del producto y de marketing adecuado, enfatizándose las ventajas de la reposición de materia orgánica en el suelo, que diferencia al compost del fertilizante mineral.

FIGURA 16
Efecto del costo de los fertilizantes y de la distancia de transporte en el precio del compost orgánico proveniente de residuos¹⁷



10 Beneficios de una planta de clasificación y compostaje

La planta de clasificación y compostaje es una solución alternativa para la disposición final de los residuos sólidos municipales. Combinada con el relleno sanitario, elimina la posibilidad de que ese se transforme en un «basurero», por la mala operación.

En términos medios, entre 30% y 40% del peso del material que entra en las plantas, sale bajo forma de compost orgánico. Cerca de 20% a 30% representa pérdida en gases y humedad por la evaporación y/o infiltración, y cerca de 5% a 15% se comercializa en el mercado de reciclables. La porción de descarte se sitúa entre 30 y 35% del total recolectado, lo cual evidencia una reducción sustancial del espacio físico requerido para la disposición final, además de la correspondiente economía de operación en los rellenos sanitarios. Las variaciones observadas en estos porcentajes, entre otros factores, se deben a la variabilidad del material recolectado, al nivel de cuidado en la clasificación, a la intensidad de demanda de reciclables, y al tiempo de permanencia en el patio de curado. En términos generales, en una instalación que opere en condiciones satisfactorias, se puede pensar en el siguiente balance de masa:

compost orgánico	35%
materiales reciclables	10%
pérdidas (agua y CO ₂)	25%
desechos para el relleno sanitario	30%

El potencial de contaminación del suelo y de las aguas subterráneas por causa de los materiales descartados por las plantas es considerablemente menor que el de los residuos brutos, debido al hecho de que están constituidos principalmente por residuos inertes de la correa de clasificación y desechos inertes o bioestabilizados del tamizado al final del proceso de compostaje. De esa forma, enterrar esos materiales no exige las mismas precauciones que los receptores de residuos brutos, debido a que se elimina casi por completo la producción de lixiviado. De eso resulta, por tanto, cierta reducción del costo por tonelada enterrada, tanto en la instalación como en la operación, o por lo menos, una solución ambientalmente más segura.

En cuanto a los efluentes líquidos producidos en los patios de compostaje, se debe observar que su potencial contaminante se reduce a través de medidas de control, como, por ejemplo, impermeabilizando la base, con drenajes de superficie y subterráneos, y mediante la toma periódica de muestras de agua de la napa freática. En el método acelerado, los efluentes líquidos y gaseosos producidos en los biodigestores, son fácilmente captables, gracias a lo cual se reduce la carga contaminante del patio de compostaje.

11 La situación brasilera y uruguaya

En **Brasil** se encuentran plantas de clasificación y compostaje de residuos sólidos urbanos domiciliarios, que utilizan tanto el método natural, como el método acelerado. Un relevamiento hecho en 1990, reveló que existen cerca de 37 municipios brasileros con instalaciones que utilizaban el primero; de ellas, 17 estaban paradas o desactivadas, 5 en construcción y 15 operando. De las 20 plantas operando por el método acelerado, 7 estaban paradas o desactivadas, 10 en obras y 3 funcionando.

Actualmente, se encuentran instalaciones operando por el método acelerado, en Boa Vista (RO), Belém (PA), Belo Horizonte (MG), Uberaba (MG), Rio de Janeiro (RJ), São José dos Campos (SP), Santo André (SP) y São Paulo (SP).

Muchas plantas interrumpieron su operación o fueron desactivadas. Otras, no entraron en operación, por los siguientes motivos^{6,27}:

- instalación mal planificada de plantas por la vía del crédito oficial del Banco Nacional de Desarrollo -BNDES-, lo cual provocó la disputa de los recursos por parte de los constructores, cuyas convicciones técnicas y mercadológicas no siempre tomaron en cuenta las especificaciones y necesidades de los municipios;
- ausencia de capacitación institucional y/o gerencial y/u operacional para llevar a cabo las actividades;
- creencia equivocada de que las plantas podían «hacer desaparecer los residuos sólidos», con la consiguiente falta de previsión de espacio -y de capacitación operacional- para instalar los necesarios rellenos sanitarios receptores de los desechos;
- explotación exagerada del argumento de generación de empleos (por ejemplo, para absorber a los hurgadores del vertedero), como motivación social de la adopción de plantas, adoptando tecnologías muy exigentes en cuanto a mano de obra;
- ausencia de integración presupuestaria, institucional y operacional de las plantas con el servicio de limpieza pública local;
- ubicación inadecuada de las plantas, que provocaron problemas ambientales y el consiguiente rechazo a su funcionamiento por parte de la población afectada;
- cuestiones ligadas a disputas político-partidarias locales o a preconcepciones, lo cual provocó, inclusive, la paralización de una planta recién inaugurada por el simple hecho de que hubo cambio de gobierno;
- frustración de los gestores municipales, engañados por la previsión equivocada de la posibilidad de «ganancia» operacional de las plantas;
- frustración debida a la incapacidad de obtener productos con las características impuestas por el mercado o exigidas por la legislación;

- ignorancia o desconocimiento de las necesidades reales y las posibilidades locales, en la formulación de proyectos, lo cual provocó instalaciones incompletas o mal dimensionadas, equipos inadecuados, alto costo de mantenimiento, falta de recursos y dificultades para colocar en el mercado, inclusive productos de buena calidad.

La legislación brasilera aplicable fue hecha buscando regular el comercio de compost preparado a partir de residuos agrícolas, no siendo adecuada para el producido a partir de la fracción orgánica de residuos sólidos domiciliarios. Estos residuos pueden presentar niveles de materia orgánica y nitrógeno, tal que el resultado del compostaje tenga valores inferiores a los establecidos en dicha legislación, aunque se cumplan las buenas prácticas del proyecto y de operación de las instalaciones.

Análisis efectuados por el IPT en muestras de compost orgánico, provenientes de 15 plantas ubicadas en el Estado de São Paulo, presentaron los siguientes resultados en los parámetros considerados por la Legislación:

pH	entre 7,2 y 8,0
materia orgánica	entre 8,2 y 30,4%
humedad	entre 27 y 55%
nitrógeno total	entre 0,39 y 1,15%
relación C/N	entre 11 y 23

Estos datos ilustran la inadecuación ya comentada. Con relación a los niveles de macronutrientes (NPK), el compost de residuos contiene solamente el nitrógeno en cantidades significativas. Valores medios obtenidos muestran una fórmula de esos nutrientes (N, P O y K O) del tipo 1,1-0,33-0,25.

Es²de⁵hacér²notar que la Legislación no especifica, para el compost orgánico, límites relativos a la presencia de metales pesados, cuestión preocupante cuando se trata de residuos urbanos domiciliarios. Estos, comúnmente, contienen objetos que poseen metales pesados, como baterías, lámpara opacas, cerámicas, vidrios coloridos, tinta de impresión, cuero, etc. La Resolución MA 84, del 29 de marzo de 1982, solamente dice que “en el requerimiento de registro, el producto (fertilizante) deberá presentar declaración expresa de ausencia de agentes fitotóxicos, agentes patogénicos al hombre, animales y plantas, así como metales pesados, agentes contaminantes, plagas y hierbas dañinas”, sin establecer límites tolerables para su aplicación en el suelo, donde puede haber efecto acumulativo.

Los niveles medios de metales pesados encontrados en las muestras del compost de residuos del Estado de São Paulo, son los siguientes: cobre (Cu) = 182 mg/kg, zinc (Zn) = 433 mg/kg, plomo (Pb) = 188 mg/kg, cromo (Cr) = 54 mg/kg, níquel (Ni) = 22 mg/kg y cadmio (Cd) = 6 mg/kg. Según la literatura internacional, las muestras de compost referidas pueden ser aplicadas en suelos de Francia, Austria e Italia, siendo prohibidas en Suiza por la concentración de Cd y Pb, lo que indica que en la gran mayoría de los casos, los metales pesados no presentan un problema serio, siempre que se adopten prácticas adecuadas de recolección, clasificación y operación de la planta.

En **Uruguay**, la única experiencia de una planta de clasificación y compostaje, sobre la que existen datos, es la de la Intendencia Municipal de Maldonado, la que tercerizó el servicio. El emprendimiento fue iniciativa de la empresa privada hace 5 años. Durante 4 años - la experiencia finalizó el 30 de junio de 1997 - recuperaban de los residuos sólidos urbanos de Maldonado, entre el 20 y 30% de metal, vidrio, cartón y fracción orgánica, la que se compostaba. Las dificultades fueron las típicas de colocación de los materiales clasificados. Aprendieron que hay que “pagar para recuperar”. Dado los costos de rellenos sanitarios 4 veces más baratos que la clasificación, las actividades de clasificación se suspendieron, pasando al entierro de los residuos en relleno sanitario³⁶.

En la Usina N° 5 de la Intendencia Municipal de Montevideo - en el mismo predio donde funciona el actual vertedero (Usina N° 7) - se encuentran las edificaciones de lo

que fue una planta de clasificación y compostaje, que aparentemente funcionó alrededor de los años 50 por un período corto. No hay registros documentados de la historia de esa planta³⁷.

Como ya se dijo no existe en Uruguay normativa relativa a compost, estando el Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca trabajando en el tema.

12 Otras alternativas

Compostaje conjunto de residuos sólidos y lodo de saneamiento

Esta técnica es utilizada en algunos países, con el propósito de resolver el problema de dos residuos simultáneamente. La mezcla debe hacerse de modo, que se garanticen los niveles de humedad, relación C:N y aeración adecuados. De todas formas, además de los problemas técnicos, existe también la dificultad de conciliar ese tratamiento simultáneo, debido a que generalmente el tratamiento de saneamiento urbano existe sólo en grandes comunidades y es procesado por el Gobierno Estatal, mientras los residuos sólidos es de responsabilidad municipal. (En el caso de Uruguay, en Montevideo el saneamiento es responsabilidad de la Intendencia, mientras que en el resto del país lo es de la empresa estatal de servicios de agua potable, OSE.)

Compostaje o digestión anaeróbica

El compostaje o digestión anaeróbica es un proceso en el cual la degradación de la materia orgánica se produce por la acción conjunta de microorganismos anaeróbicos hasta su completa mineralización, es decir, con formación de una mezcla gaseosa con predominancia de gas carbónico y metano (llamada biogás), y la generación de un residuo sólido de posible uso para fines agrícolas. Varios procesos industriales con efluentes orgánicos, utilizan con éxito este proceso para sanear el ambiente.

Los primeros trabajos en los cuales se utiliza la porción orgánica de los residuos municipales, se remontan a la década de los 70. En ellos se utilizan reactores homogéneos, en los cuales la parte orgánica, muy bien separada de los otros componentes de los residuos sólidos y con granulometría reducida, era mezclada con agua y lodo de saneamiento, con la consiguiente buena homogeneización y la garantía de una degradación adecuada.

Posteriormente, en la década de los ochenta se desarrollaron estudios para trabajar con el residuo sin añadirle agua - con el fin de reducir el alto costo de la remoción del agua - quienes generaron los procesos de fermentación «en seco», donde la alimentación del reactor o biodigestor se hace con niveles de sólidos próximos a los de la fracción orgánica de los residuos sólidos.

Los procesos anaeróbicos se diferencian de los aeróbicos o de compostaje común, principalmente por los factores siguientes: se practican en recipientes cerrados, o biodigestores; son menos eficientes en la reducción de elementos patógenos, en particular cuando se operan en el rango de temperaturas más bajas (hasta cerca de 40° C); presentan un mayor costo de inversión. De todas formas, como generan biogás, un combustible, son considerados una posible alternativa para obtener energía a partir de los residuos sólidos.

Tales procesos fueron muy estudiados en instalaciones piloto, principalmente en los Estados Unidos, Francia y Bélgica, y suele recomendarse su utilización para el tratamiento de cantidades superiores a 100 ton/día de residuos sólidos.

En los años 80 la ciudad de Montevideo realizó actividades en el vertedero - en ese momento Usina N° 6 - siguiendo un proyecto de utilización del biogás producido por sus residuos sólidos. La experiencia no prosperó debido a que la operativa no pudo seguir funcionando según estaba diseñada, luego de una intensa época de lluvias que inutilizó el sistema de circulación de las vías internas³⁷.

Referencias

- 1 AMAZONAS, M. Compostagem de lixo urbano. Projeto Reciclagem, São Paulo, v.1, n.2, p.20-23, 1990.
- 2 ANUÁRIO estatístico do Estado de São Paulo. São Paulo: Fundação SEADE, 1979.
- 3 BERTOLDI, M., ZUCCONI FILHO, CIVILINI, M. Temperature, pathogen control and product quality. En: THE BIOCYCLE to the art and science of composting. Emmanus, PA.: JG Press, 1991. p.195-199.
- 4 BERTON, R.S. Informaciones personales. 1993.
- 5 BERTON, R.S., VALADARES, J.M.A.S. Potencial agrícola do compost de lixo urbano no Estado de São Paulo. O Agrônomo, v.43, n.2/3, p.87-93, 1991.
- 6 BLEY JR., C. Usina de lixo no Brasil: gestão atual e perspectivas. Apresentado en el REMAI'91, 1991, São Paulo.
- 7 BOLETIM DO INSTITUTO AGRONÔMICO. Campinas, n.200, 1990.
- 8 BOLETIM TÉCNICO DO INSTITUTO AGRONÔMICO. Campinas, n.100, 1992.
- 9 CAMARGO FILHO, W.P. (coord.). Estatística de produção agrícola no Estado de São Paulo. São Paulo: Secretaria de Agricultura y Abastecimento, Instituto de Economia Agrícola, 1990. 1 v.
- 10 CERVONI, B. Informaciones personales. São Paulo: LIMPURB, 1994.
- 11 CRAWFORD, J.H. Composting of agricultural wastes: a review. Process Biochemistry, v.18, n.1, p.14-18, 1993.
- 12 FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS. Perfil municipal. São Paulo: 1993.
- 13 GOLUEKE, C.G. Composting: a study of the process and its principles. Emmanus, PA: Rodale Press, 1978. 110 p.
- 14 GOLUEKE, C.G. Principles of composting. En: THE BIOCYCLE guide to the art and science of composting. Emmanus, Pa: JG Press, 1991. p.14-39.
- 15 GROSSI, M.G.L. Avaliação da qualidade dos produtos obtidos de usinas de compostagem brasileiras de lixo doméstico através de determinação de metais pesados e substâncias orgânicas tóxicas. São Paulo: 1993. 226 p. (Tesis de doctorado ante la USP).
- 16 INFORMAÇÕES ECONÔMICAS, São Paulo, v.22, n.8, ago. 1992.
- 17 INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Avaliação técnico-econômica da produção de compost orgânico. São Paulo: 1993. 4 v. (IPT. Relatório 31 659).
- 18 JONES, L.H.P., JARVIS, S.C. The chemistry of soil process. En: GREENLAND, D.J., HAYES, M.H.B. (eds.). Chichester: John Wiley, 1981. p.593-620.
- 19 KIEHL, E.J. 50 perguntas e respostas sobre compost orgânico. Piracicaba: Prefeitura Municipal de São Paulo, Secretaria de Obras, Departamento de Limpeza Urbana, 1979. 17 p.
- 20 KIEHL, E.J. Fertilizantes orgânicos. São Paulo: Ed. Ceres, 1985. 492 p.
- 21 KUBOTA, H., MATSUDA, S., SASAKI, M. Composting has promising future in Japan. Biocycle, Apr. 1984.
- 22 LIMA, L.M.Q. Tratamento de lixo. São Paulo: Hemus, 1985. 240 p.
- 23 LINDENBERG, R.C. 60 questões sobre compostagem. São Paulo, 1992. 15 p.
- 24 LINDENBERG, R.C. Compostagem. São Paulo: CETESB, 1982 (CETESB. Publicación, 19).
- 25 LINDENBERG, R.C. Informaciones personales. 1993.
- 26 LINDENBERG, R.C. O principal equipamento de usina de compostagem pátio de cura. Limpeza Pública, ABLP, p.17-25, 1986.
- 27 LINDENBERG, R.C. Situações encontradas em usinas de compostagem. Limpeza Pública, ABLP, n.4, p.20-22, 1992.

- 28 LINDENBERG, R.C. Usina de tratamento de lixo: observações práticas na operação da primeira usina de tratamento, processo Dano, com lixo recolhido em São Paulo. Apresentado en el CONGRESSO BRASILEIRO DE LIMPEZA PÚBLICA, 1., 1974.
- 29 LINDENBERG, R.C. Valor do compost curado a partir de nutrientes minerais. Limpeza Pública, ABLP, n.40, p.8, 1993.
- 30 MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. Secretaria Nacional de Referência Vegetal. Laboratório Nacional de Referência Vegetal. Análise de corretivos fertilizantes e inoculantes: métodos oficiais. S.I., 1983. 140 p.
- 31 SECRETARIA DE SERVIÇOS E OBRAS. Diretrizes para a destinação final dos resíduos no município de São Paulo. São Paulo, 1992, 64 p.
- 32 VAN RAUJ, B. et al. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agrônômico, 1992. 107 p.
- 33 VEGASOPAVE. Informaciones personales. 1994.
- 34 VIOLANTE NETTO, VA., et al. Recomendações de adubação e calagem para citros no Estado de São Paulo. Laranja, Cordeirópolis, v.11, n.3, p. 14, 1990.
- 35 MINISTERIO DE GANADERIA, AGRICULTURA Y PESCA, Dirección de Suelos. Informaciones personales.
- 36 INTENDENCIA MUNICIPAL DE MALDONADO. Informaciones personales.
- 37 INTENDENCIA MUNICIPAL DE MONTEVIDEO. Informaciones en el marco del curso sobre Residuos Sólidos Urbanos. Ing. J.A.Fuzaro (CETESB, Brasil). Cursos de Actualización Profesional. Facultad de Ingeniería. Montevideo, 14 al 18 de octubre de 1996.
- 38 LEVIS, R. Y FRANCO, H. Gerencia Ambiental, N° 37, páginas 492 a 496.

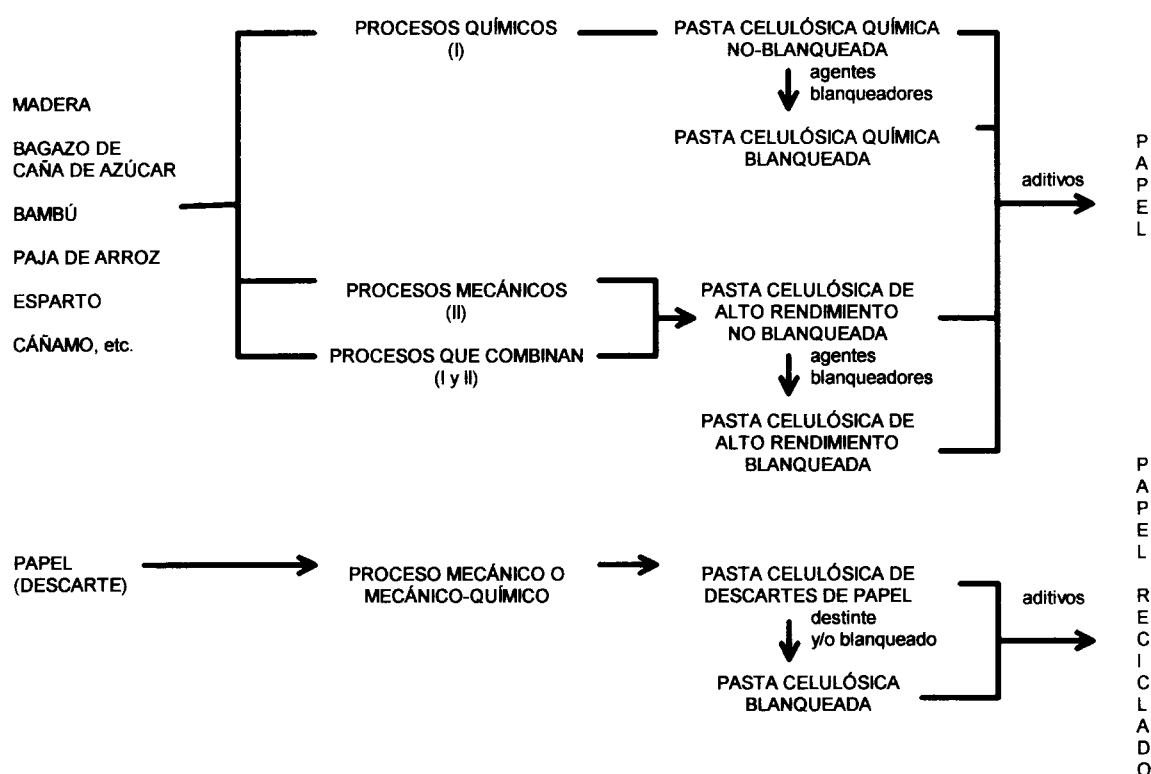
Parte 3 Reciclaje de otros componentes

3.1 Papel

1 ¿Qué es el papel?

El papel es una hoja delgada hecha con pasta celulósica. Esta pasta está compuesta básicamente de fibras de celulosa. Estas fibras en general proceden de la madera, pero se pueden utilizar otras materias primas fibrosas, como se indica en la Figura 1.

FIGURA 1
Papel, a partir de sus materias primas



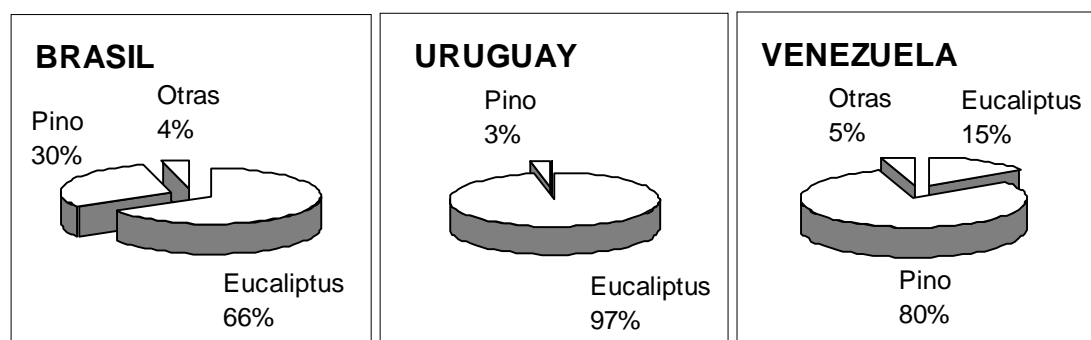
El cartón es un material compuesto de varias hojas superpuestas de papel, que se adhieren unas a otras por compresión y se secan luego por evaporación.

La cartulina es un cartón delgado, generalmente terso.

En Brasil, alrededor del 80% de la pasta celulósica producida proviene de la madera, siendo el restante 20% obtenido de otras materias primas fibrosas, inclusive de las fibras secundarias. En Venezuela, 47% de la pulpa producida proviene de la madera, y 53% se obtiene del bagazo de caña. En Uruguay para la producción de pasta se usa principalmente madera, interviniendo también papel descarte local e importado. Las fibras de madera se obtienen de las áreas reforestadas, que se mantienen productivas y cultivadas específicamente para la producción de pulpa. Las selvas y los montes naturales, por la diversidad de su composición, no son adecuadas para la producción de papel y pulpa.

Anualmente la industria venezolana de papel y pulpa planta aproximadamente 33 millones de árboles de Eucalipto y de Pino, mientras que la brasileña, por ejemplo en 1993, plantó 135 millones de los mismos árboles. Uruguay está forestando 50 mil hectáreas por año (40 mil ha de bosque real), de las cuales el 64% tendrán como destino la producción de celulosa, unos 36 millones 550 mil árboles de Eucalipto de diversas especies¹².

FIGURA 2
Maderas usadas en la fabricación de pasta celulósica^{1,10,12}



CONSUMO DE PAPEL ^{5,6,10,11} (miles de toneladas)	BRASIL 1993)	URUGUAY	VENEZUELA
Consumo de papel	4.200	107.5	1.780
Papel no reciclable	1.200	*	260
Disponibilidad de fibras secundarias	3.000	*	525
Papel recuperado para reciclaje	1.500	35.5	245
Papel no recuperado	1.500	*	280

* : no hay datos.

2 Diferentes tipos de papel

De acuerdo con su finalidad, las diferentes clases de papel se clasifican en:

- para impresión;
- para escribir;
- para embalaje;
- para fines sanitarios;
- cartones y cartulinas;
- especiales.

3 ¿Qué diferencia los papeles entre sí?

Los papeles son fabricados de acuerdo con fórmulas específicas, tal que presenten las características necesarias para la finalidad a la cual se destinan. Así, además de su materia prima básica, la pasta celulósica, puede:

- contener aditivos (colas, pigmentos minerales, películas metálicas o plásticas, parafina, silicona, etc.);
- estar impregnados;

- estar recubiertos (con pigmentos minerales, películas metálicas o plásticas, parafina, silicona, etc.)

Una propiedad muy importante del papel es su gramaje, es decir el peso en gramos de un área de un metro cuadrado de papel (g/m^2). Esta característica es la que determina que el material pueda llamarse cartón o cartulina.

Tipos de papel/gramaje

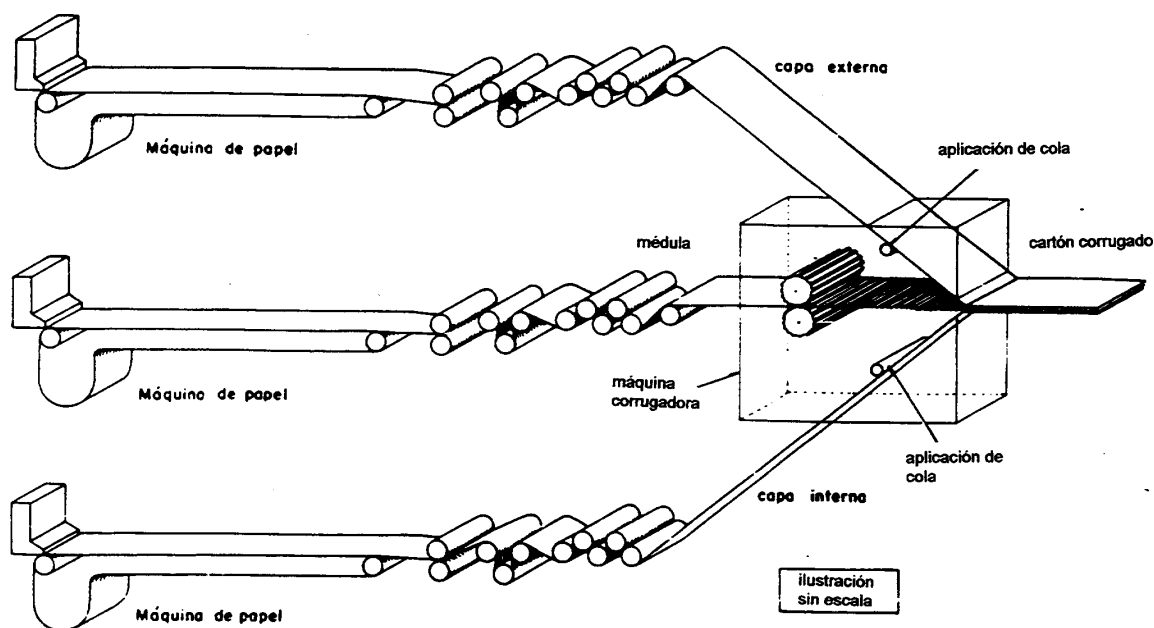
Normalmente las cartulinas tiene gramaje encima de $150 \text{ g}/\text{m}^2$.

El cartón es de gramaje y rigidez elevados, fabricado esencialmente con pasta celulósica de alto rendimiento o con fibras recicladas.

Cartón corrugado, según muestra el esquema que sigue, consiste de una o más hojas de papel ondulado, pegada entre dos hojas lisas, compuesto entonces por:

- capa de primera o externa (o kraftliner);
- medio (puede ser un papel de baja calidad);
- capa de segunda o interna (o liner).

FIGURA 3
Fabricación de cartón corrugado



4 ¿En qué consiste el reciclaje del papel?

Es hacer papel utilizando como materia prima papeles, usados o no, tales como:

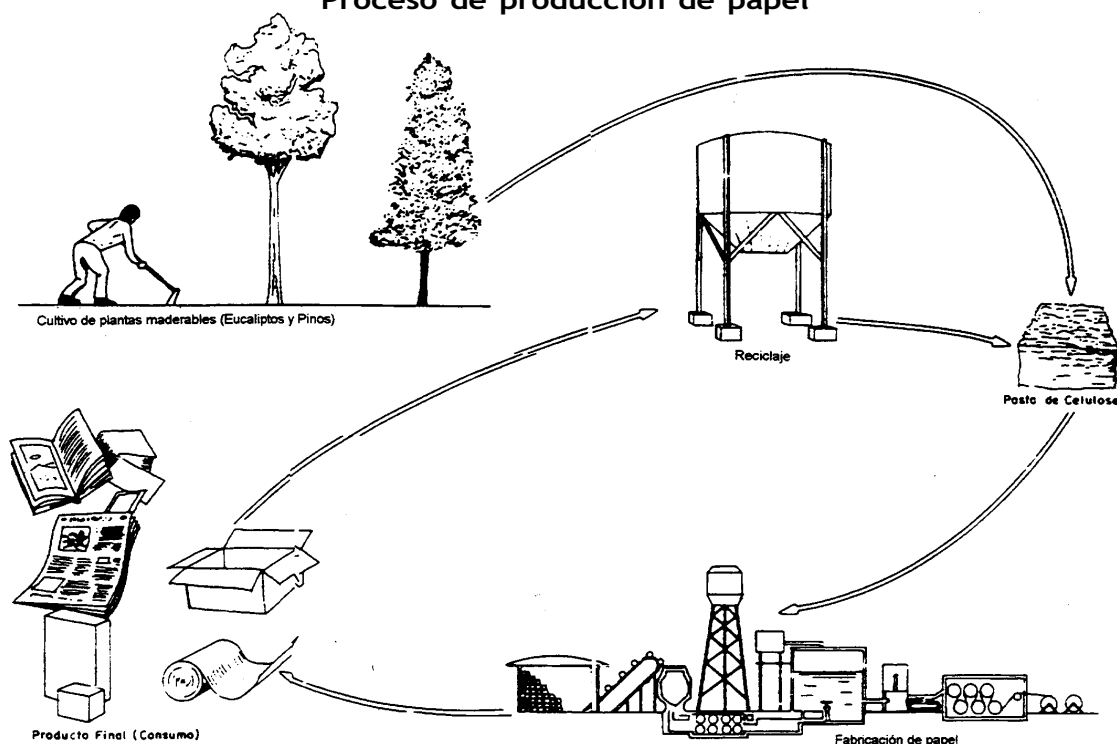
- recortes de papel, cartones y cartulinas, generados durante los procesos de fabricación de estos materiales, o de su transformación en otros artículos, o también generados en imprentas;
- papeles, cartulinas y cartones, y sus correspondientes artículos, usados o no, que hayan sido descartados.

Fibras reciclables, fibras secundarias o papel descarte es la denominación para estas materias primas.

Fibras vírgenes vs. Fibras secundarias

Fibras celulósicas vírgenes son aquellas que aún no fueron utilizadas para hacer papel.
Fibras celulósicas secundarias son aquellas que ya pasaron, por lo menos una vez, por una máquina de papel.
Un papel reciclado contiene fibras secundarias.

FIGURA 4
Proceso de producción de papel



5 ¿Son todos los papeles reciclables?

La mayoría del papel es reciclable, pero existen excepciones, como:

- papel vegetal (papel cebolla);
- papel impregnado con sustancias impermeables a la humedad (resinas sintéticas, alquitrán, etc.);
- papel carbónico;
- papel sanitario usado: papel higiénico, papel toalla, servilletas y pañuelos de papel;
- papel y cartón recubiertos con sustancias impermeables a la humedad (parafina, láminas plásticas o metálicas, silicona, etc.). Sin embargo, existen tecnologías disponibles, en algunos países, para reciclar estas clases de papel;
- papel sucio, engrasado o contaminado con productos químicos nocivos a la salud.

Hay que recordar también que hay papel no disponible para el reciclaje, como el de los libros y documentos.

6 ¿Cuál es el origen de las fibras secundarias?

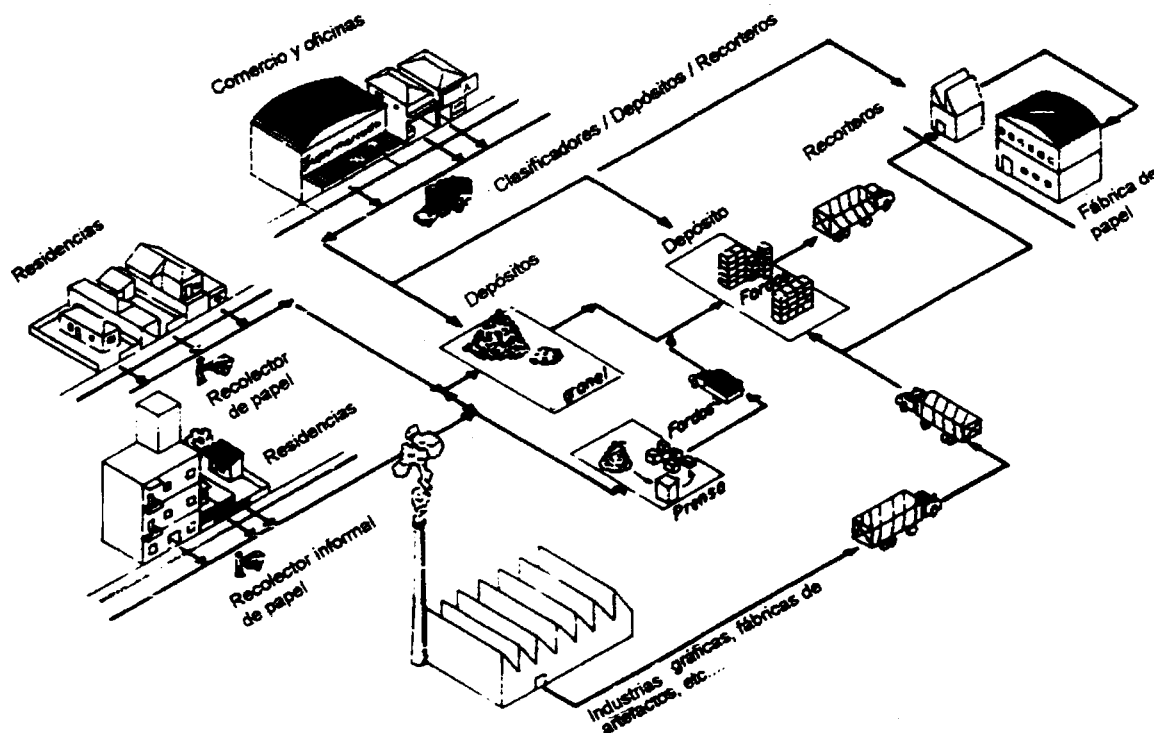
Las fibras secundarias de papel provienen:

- de la industria;
- de actividades comerciales (escritorios, tiendas, supermercados);

- de residencias;
- de otras fuentes (como instituciones y escuelas).

Las fibras secundarias de papel pueden ser recogidas a través de un sistema de recolección selectiva, o a través del sistema comercial, utilizado desde hace años, y que implica al recolector informal de papel, al depósito de materiales y al depósito especializado, de los cuales algunos clasifican.

FIGURA 5
Del ciudadano a la planta recicladora



En Uruguay¹¹ los recorteros, los grandes depósitos de papel, empresas de larga data en el mercado, muy consolidadas, son los que controlan el papel descarte casi en su totalidad para la venta posterior a las fábricas de papel o eventualmente para su exportación. Una pequeña parte del papel recuperado para reciclaje es vendida por otros actores directamente a las fábricas.

Los recorteros compran el papel a los depósitos chicos y también a los clasificadores. A su vez, recogen casi todo el papel de oficinas del sector público, bancos, grandes empresas, especialmente las periodísticas, imprentas grandes y medianas, y también edificios en acuerdos con los porteros.

Las pequeñas y medianas imprentas, en general, entregan el papel de desecho a instituciones benéficas o a clasificadores.

Otros actores que han adquirido relevancia en los últimos tiempos son las empresas de limpieza. Acuerdan con las instituciones que las contratan para recoger los residuos de papel y lo venden a los depósitos.

Cabe mencionar como generadores voluminosos de papel usado, especialmente cartón, a los importadores. Del mismo modo, empresas como shoppings, supermercados, almacenes, ventas de electrodomésticos, etc., son proveedoras importantes de la cadena del papel, los que en general, contribuyen al ciclo de recolección informal.

Finalmente, se ubican las fábricas de papel que son el destino final normal de la cadena del papel recuperado para reciclaje. Compran en plaza 35 mil toneladas de papel a los

depósitos especializados, principalmente, y a la vez importan papel descarte por un volumen de 6 mil toneladas, mayoritariamente de origen norteamericano. No todas las fábricas de papel intervienen en esta cadena, algunas de ellas para evitar la contaminación de sus productos sólo recuperan el descarte interno. Otras tienen una activa participación en este mercado del papel descarte, por ejemplo se estima que una sola de ellas absorbe el 40% de este mercado.

Es muy particular el rol de las cartonerías, las que se estima participan en un 20% del mercado del papel descarte. Compran fundamentalmente papel sin clasificar y de menor calidad. Son las de mayor vinculación con los depósitos chicos y clasificadores.

El llamado cartón gris ya prácticamente no se produce y con ello ha desaparecido la compra del llamado papel de tacho y de tercera, o sea el papel sucio que venía del ciclo de recolección informal. Existían 6 ó 7 cartonerías que procesaban el papel de tacho, estas alimentaban unas 50 pequeñas fábricas de cartón gris. Actualmente ha desaparecido este círculo, debido fundamentalmente a que el cartón gris viene importado junto a los artículos que contiene. Esto hizo que el papel proveniente de los residuos sólidos domiciliarios no se recupera más.

MOVIMIENTO DEL PAPEL DESCARTE EN URUGUAY (1996)¹¹			
toneladas			
	IMPORTACIÓN	EXPORTACIÓN	CONSUMO
IMPRESO	2400		4073
SIN IMPRIMIR	25		167
EMPAQUE	97		3049
IMPRESIÓN Y ESCRITURA	1345		5124
SIN CLASIFICAR	2656	2141	23041
TOTAL	6523	2141	35454

Origen de las fibras secundarias en Brasil⁵	
Actividades Industriales y comerciales	86 %
Residencias	10 %
Otras fuentes	4 %

7 Clasificación de las fibras secundarias de papel

En el Uruguay^{11,13}, las variedades de fibras secundarias que se usan son fundamentalmente tres:

- primera (blanco sin imprimir);
- mixto (color, blanco impreso, cartón limpio);
- tercera (papel y cartón sucios, cartón gris).

Para la comercialización de las fibras secundarias de papel en Brasil existe una clasificación, que fue elaborada en 1976 por las siguientes entidades:

- ANFPC - Asociación Nacional de los Fabricantes de Papel y Celulosa;
- ANAP - Asociación Nacional de los Aparistas de Papel;
- IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas del Estado de San Pablo.

Esta clasificación necesita una revisión, puesto que actualmente, sólo el 56% de los fabricantes de papel que consumen fibras secundarias la utiliza³.

A los efectos de contar con mayor información respecto a la mejora que es posible hacerle al papel descarte mediante la selección, se muestra en la Tabla 1 esta clasificación.

TABLA 1
Clasificación de las fibras secundarias en Brasil¹

Tipos	Fibras secundarias	Nivel máximo de humedad (%)	Nivel máximo de impurezas (%) (A)	Nivel máximo de materiales Prohibidos (%) (B)
Papeles perforados (fanfold)	Papeles de alta calidad, usados en computación.	10	1	0
Blanco I	Papeles blancos, sin impresión alguna, y sin revestimiento.	10	0	0
Blanco II	Formularios continuos de papel blanco, sin papel carbónico entre hojas y sin revestimiento de carbonato.	10	2	0
Blanco III	Papel imprenta y periódico, sin impresión.	10	0	0
Blanco IV	Papeles blancos de escritorio, manuscrito, impresos o dactilografiados, cuadernos usados sin tapas, libros sin tapas e impresos en negro.	10	5	0
Blanco V	Papeles blancos, con porcentaje mínimo de impresión o con revestimiento.	12	25	0
Kraft I	Papel kraft, usado en la fabricación de bolsas multicapa, bolsas de papel kraft rechazados por defectos de fabricación o no utilizados.	10	1	0
Kraft II	Bolsas multicapa usadas, tipo kraft, con fibras y colores diversos, sin selección.	15	5	0
Kraft III	Alguno tipos de bolsas de papel kraft natural, principalmente de cemento, mezcladas, sin selección.	15	17	3
Cartones de pasta mecánica	Artefacto de papel producidos integralmente de pasta mecánica.	12	0	0
Periódicos	Periódicos viejos, limpios y de paradas de redacción.	12	1	0
Cartulina I	Cartones y cartulinas, con o sin revestimiento, sin impresión, provenientes de cartones y cartulinas fabricadas exclusivamente con celulosa.	10	0	0
Cartulina II	Cartones y cartulinas, con o sin revestimiento, con impresión o colores variados.	12	10	0
Cartulina III	Cartones y cartulinas blancos y plastificados, con o sin impresión.	12	3	7
Corrugado I	Cajas de cartón corrugado, fabricadas con capas de alta resistencia.	15	3	0
Corrugado II	Cajas, chapas o descartes de cartón corrugado, fabricado con capas de resistencia menor que el Corrugado I.	12	5	0
Corrugado III	Cajas, chapas o descartes de cartón corrugado, fabricados con capas de baja resistencia y los extremos de las bobinas, pudiendo contar con hasta 20% de otros tipos de papel que no sean cartón corrugado.	20	5	3
Revista	Revistas viejas, de paradas de máquinas o con defectos de impresión, impresos en papeles con o sin revestimiento.	12	2	1
Mixto I	Papeles usados mixtos, provenientes de escritorios, comercios y casas residenciales.	12	5	1
Mixto II	Papeles usados mixtos, provenientes de escritorios, comercios y casas residenciales.	15	10	3
Mixto III	Papeles usados de todas las procedencias	20	15	5
Tipografía	Recortes coloreados provenientes de industrias gráficas.	10	1	0

(A) Impurezas: todos los papeles, cartones y cartulinas inadecuados para la utilización en una determinada finalidad, además de los siguientes materiales: metales, cuerdas, vidrio, madera, textiles, piedra, arena, clips metálicos, plásticos, etc.

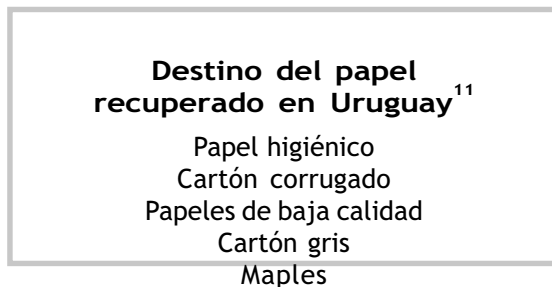
(B) Materiales prohibidos: cualquier material, cuya presencia en cantidad mayor que la especificada, convierte al fardo en inutilizable para un tipo específico de papel. Por ejemplo: papeles vegetales, papel o cartón encerados, parafinados o alquitranados, papel carbónico, pegamentos y cintas adhesivas.

8 ¿Qué tipos de papel se hacen con las fibras reciclables?

Son muchos los tipos de papel que se hacen total o parcialmente con fibras provenientes de descartes de papel. Por ejemplo:

- papel para imprenta;
- papel para embalajes ligeros, para envolver, y bolsas de papel, (como los llamados estiva, maculatura, manilina, manila, HD, hamburgués, havana, LD, macarrón);
- papel para cajas y embalajes pesados (como cartón corrugado y otros tipos de cartón);
- papel para fines sanitarios (como papel higiénico, tanto popular como de alta calidad, y eventualmente ciertos tipos de toallines, servilletas, pañuelos y telas de papel).

Están también hechos con descartes de papel los artículos de pulpa moldeada, denominados maples, como: cartones para huevos, ciertas bandejas para frutas y legumbres, soportes para acondicionamiento de frutas, platos y vasos de cartón, etc.

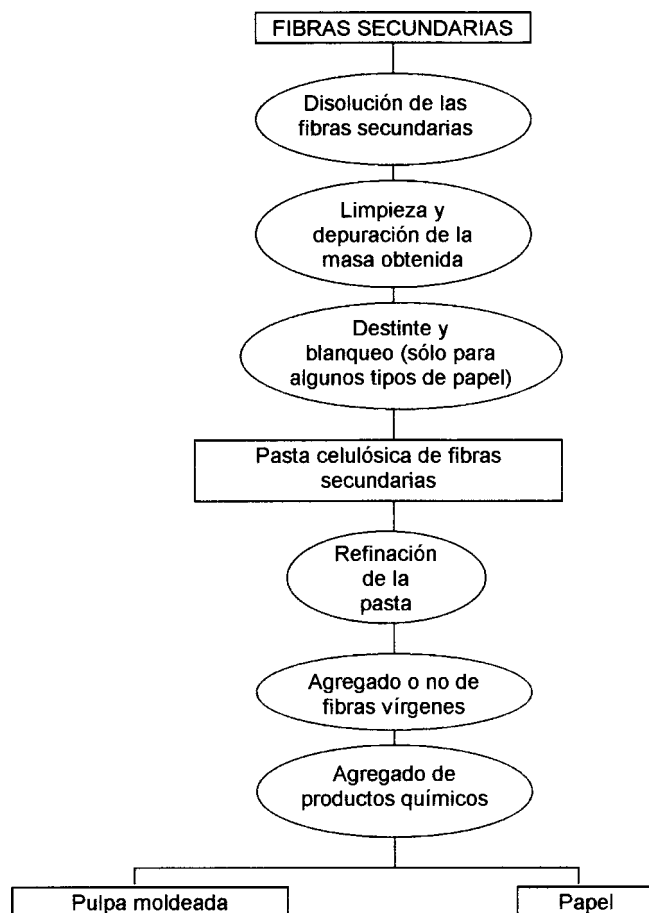


La fabricación de maples está siendo afectada por la competencia importada y la sustitución de maples por productos de plástico, lo cual también se refleja en la disminución de la demanda de papel tacho.

9 Proceso de reciclaje de las fibras secundarias de papel

Los procesos para obtener pasta celulósica de fibras secundarias a partir de los descartes de papel dependen del tipo de descarte a procesar y del producto que se debe fabricar. Sin embargo, todos los tipos de papel son sometidos, a grandes rasgos, a las operaciones indicadas en la Figura 6.

FIGURA 6
Principales operaciones para transformar las fibras reciclables del papel en pasta celulósica⁸.

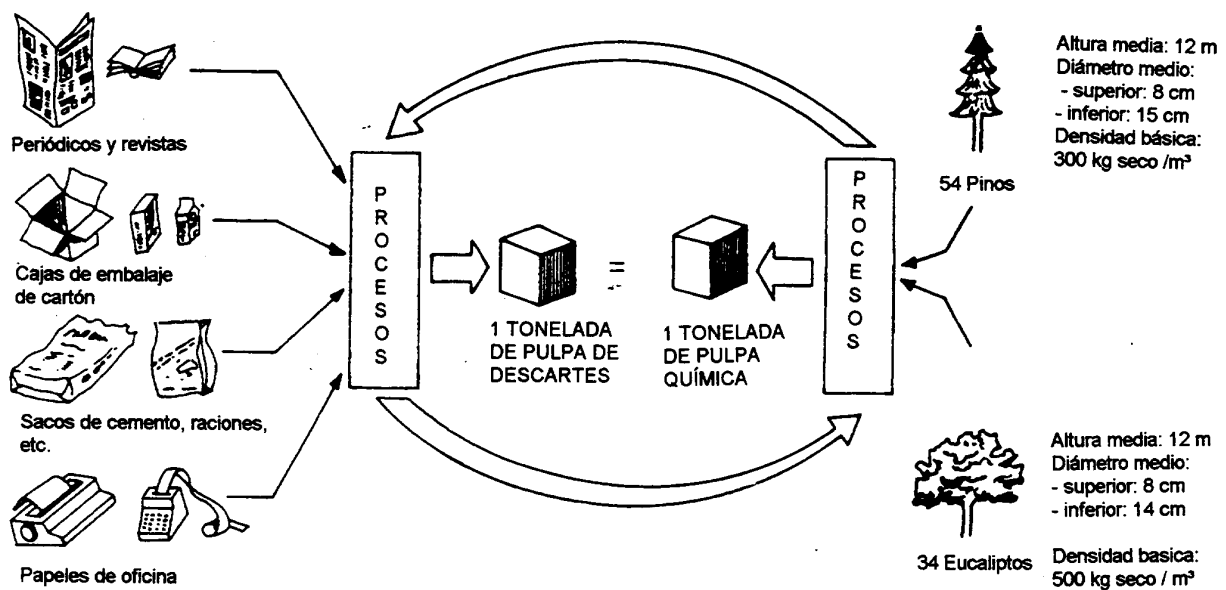


10 ¿Cuáles son las ventajas del reciclaje del papel?

Las dos grandes ventajas del reciclaje del papel son:

- reducción de la basura generada;
- economía de recursos naturales, como:
 - materia prima;
 - energía;
 - agua.

FIGURA 7
Interacción entre los procesos



11 Factores que dificultan el reciclaje del papel

Factores relativos al proceso:

- falta de homogeneidad de los descartes;
- necesidad de eliminar las impurezas presentes en la masa provenientes de la desintegración del papel;
- descarte y tratamiento de los desechos generados.

Factores externos al proceso:

- fluctuación del mercado;

La dependencia del mercado de las fibras secundarias con el de la pasta celulósica de fibras vírgenes (celulosa), hace que el primero presente fluctuaciones. Cuando hay oferta de celulosa a precios atractivos, el mercado de descartes se contrae; su estructura se tambalea, y se recupera sólo lentamente. Cuando hay escasez de pulpa, el precio de los descartes tiende a subir. En el caso de los descartes de papel, las fluctuaciones de mercado no se pueden resolver con su almacenamiento, debido a que este queda

limitado en el espacio (costo de instalación) y en el tiempo (el papel “envejece” rápidamente y se degrada).

- costo elevado para la instalación de plantas que fabriquen papel reciclado;
- productos de papel cada vez más sofisticados, de difícil reciclaje;
- la demanda de papel o productos de papel reciclado, es todavía baja;
- distancias: el costo de transporte puede desalentar el aprovisionamiento de descartes.

Importante

Antes de incentivar la recolección de descartes de papel, o inclusive antes de efectuarla, es necesario verificar si hay, en la región, demanda por esa materia prima y capacidad de generarla continuamente. También deben ser considerados los costos involucrados en el almacenamiento y principalmente en el transporte, en el caso se elija recolectar y enviar descartes de papel para sitios consumidores.

12 ¿Cuál es el futuro del reciclaje de papel?

El reciclaje de papel es una función de factores económicos. En los últimos años el factor ambiental ha ido adquiriendo una importancia avasallante. Eso puede provocar, en ciertos países, que los gobiernos dicten leyes que obliguen a reciclar. Por ejemplo, en los Estados Unidos, ya existe una ley, que obliga a que en el papel periódico exista cierta cantidad de fibras reciclables ó secundarias.

El mercado de papel reciclable actualmente en el Uruguay se ubica en 44 mil toneladas año por un valor de US\$ 6.6 millones, o sea a un precio medio de US\$ 150 por tonelada, puesto en fábrica o en el puerto para la importación¹¹.

Se ha observado una tendencia creciente de la demanda de fibras secundarias en los últimos años por la sustitución a nivel fabril de celulosa virgen (propia o importada) por estas fibras, a fin de reducir costos y mejorar la competitividad de la industria papelera.

La existencia simultánea de exportaciones e importaciones de papel descarte muestra una particularidad de la clasificación y calidad del papel recuperado en plaza, que lleva a exportar sin clasificar y a importar papel clasificado de mayor calidad.

Se debe recordar también que la fibra secundaria no sustituye completamente a la fibra virgen. Para determinados tipos de papel, sólo pueden usarse fibras vírgenes, debido a que las secundarias no ofrecen productos de las características deseadas.

Además, una fibra celulósica puede ser reciclada, en promedio, 5 ó 6 veces, pero luego pierde sus características de resistencia.

Referencias

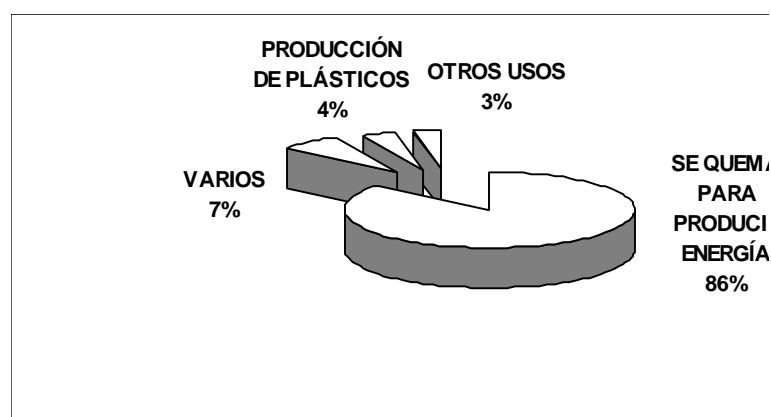
- 1 ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE FABRICANTES DE PAPELE CELULOSE. 1993 relatório estatístico. São Paulo, 1993. 1v.
- 2 BUGAJER, S. Utilização de aparas e papéis velhos. En: D'ALMEIDA, M.L.O. Celulose e papel. 4. ed. São Paulo: SENAI/IPT, 1988. v.2, cap.6, p.797-817.
- 3 D'ALMEIDA, M.L.O., CAHEN, R. Considerações sobre o problema de stickies. En: CONGRESSO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL, 24., 1991, São Paulo. Anais... São Paulo: ABTCP, 1991. p.785-806.
- 4 D'ALMEIDA, M.L.O., CAHEN, R. Reciclagem de papel. O papel, São Paulo, v.52, n.11, p. 131-135, 1991.
- 5 FAO. Waste paper data, 1988-1990. Rome, 1993. 47 p. (FO: PAP/93/5).
- 6 KNIGHT, P. Latin America. PPI, Brussels, v.35, n.7, p.78, July 1993.
- 7 NEVES, J.M. Perspectivas para o uso de fibras secundárias no Brasil. O Papel, São Paulo, v.55, n.2, p.40-46, 1994.
- 8 NEVES, J.M., D'ALMEIDA, M.L. Reciclagem de papel. São Paulo: IPT, 1994. (Comunicación técnica, 2153).
- 9 PAPEL reciclado: alternativa viável. Silvicultura, São Paulo, v.13, n.49, p.6-11, mayo/jun. 1993.
- 10 ASOCIACION VENEZOLANA DE PRODUCTORES DE PULPA, PAPEL Y CARTON (APROPACA), Informe Anual, Caracas, 1994.
- 11 CLASIFICACIÓN Y RECICLO DE RESIDUOS SÓLIDOS, Proyecto PNUD/URU/91/008, Asistencia Preparatoria/Segunda Etapa, Intendencia Municipal de Montevideo, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Setiembre 1996.
- 12 FANAPEL. Informaciones personales.
- 13 DEPÓSITO PEDERNAL. Informaciones personales.

3.2 Plásticos

1 ¿Qué son los plásticos?

Los **plásticos** son materiales realizados con resinas (polímeros) sintéticas que proceden de recursos naturales, principalmente petróleo. Del total del petróleo usado, un 7% se destina para la industria petroquímica: de esta cantidad el 4% se utiliza para la producción de plásticos y el 3% para otros usos²⁸. (Figura 1)

FIGURA 1
Consumo de petróleo



Los **monómeros**, como el etileno, son las piezas fundamentales de la estructura de los plásticos.

Están formadas fundamentalmente por carbono e hidrógeno.

La unión de muchos monómeros constituyen un **polímero**, por ejemplo el polietileno. Los polímeros son cadenas de longitud variada, unidas entre sí por enlaces químicos. La reacción química que les da origen se conoce como polimerización.

Los dos grandes tipos de plásticos, los termoplásticos y los termofijos, se diferencian en sus características pues los primeros no presentan uniones químicas entre cadenas, mientras que los segundos sí³⁰.

En Uruguay, como en Brasil y Venezuela, el consumo de plástico a pesar de ser significativo, está todavía lejos del nivel de consumo de los países desarrollados.

CUADRO 1
Consumo per capita de plástico en algunos países³

País	Consumo (kg./hab.año)
EUA	70
Japón	54
Europa Occidental	40
Venezuela	14
Brasil	11
Uruguay	16 ^(a) - 25 ^(b)

(a): Consumo por habitante de materias primas plásticas promedio de 1994 y 1995, según Relevamiento Informativo sobre la Industria Plástica Latinoamericana, ALIPLAST.(26)

(b): Consumo por habitante del total de materias primas plásticas y artículos plásticos importados. Datos de setiembre de 1996, según relevamiento hecho por el proyecto PNUD/URU/91/008, "Clasificación y Reciclo de Residuos Sólidos", IMM - PNUD.(27)

El Cuadro 1 muestra que el consumo per capita de los países latinoamericanos aún es muy bajo comparado con el de los países desarrollados, por lo tanto, existe un espacio muy grande de demanda a ser satisfecha.

Por tal motivo, de inmediato se deben tomar medidas preventivas, para evitar que el problema de los residuos plásticos se agrave, ya que la no degradabilidad de los plásticos, si por un lado los acredita como materiales muy útiles, por el otro, luego de su uso, son vistos como residuos indeseables que se deben eliminar.

Como se apreciará más adelante, después de ser utilizados en la aplicación para la cual fueron diseñados, los plásticos pueden todavía ser muy útiles como material reciclado, o reutilizados para recuperación de componentes iniciales o como fuente energética.

2 Los plásticos como residuos

Dentro del gran desafío actual, al que se enfrentan las intendencias con respecto a la disposición final de los residuos sólidos, se encuentran los plásticos, que por su naturaleza química se caracterizan por presentar una gran resistencia a la biodegradación. Envases abandonados en el campo o la playa son las huellas habituales que los ciudadanos descuidados van dejando en el entorno.

El reaprovechar el plástico desechado en los residuos sólidos urbanos, vía cualquiera de las alternativas posibles, es una consideración que ha ganado un gran apoyo desde las diferentes entidades relacionadas. Este desecho que consiste en gran parte en envases desechables -bolsas, vasos, botellas, juguetes, etc.- representa un volumen significativo. La separación de los plásticos del resto de los residuos produce una serie de beneficios a la sociedad, como por ejemplo, aumento de la vida útil de los rellenos, mejora de la estética de la ciudad, generación de empleos, economía de energía, etc.

Aunque representen alrededor de un 11 % del peso total²⁹, los plásticos ocupan un porcentaje mucho mayor en el volumen de los residuos sólidos, lo cual contribuye a aumentar los costos de la recolección, el transporte y la disposición final. Como ilustración, basta decir que un camión, con capacidad de transportar 12 toneladas de residuos sólidos común, transportará apenas 6 a 7 toneladas de plástico compactado, o 2 toneladas de plástico sin compactar.

Cuando los residuos sólidos se depositan en vertederos, los problemas principales relacionados con el plástico provienen de la quema indebida y sin control. Cuando la disposición se hace en rellenos, los plásticos dificultan la compactación de los residuos, y perjudican la descomposición de los materiales biológicamente degradables, ya que forman capas impenetrables que afectan el movimiento de gases y líquidos generados en el proceso de biodegradación de la materia orgánica.

La quema indiscriminada de plásticos puede traer serios daños a las personas y al medio ambiente, debido a que ciertos plásticos al ser quemados generan gases tóxicos. Un caso extremo es el del cloruro de polivinilo (PVC), el cual al ser quemado libera cloro y puede originar la formación de ácido clorhídrico (muy corrosivo) y de dioxinas (sustancias altamente tóxicas y cancerígenas). (Ver este mismo capítulo, Parte 4, Incineración.)

Siendo así, su reducción y separación de los residuos sólidos son metas que se deben procurar con todo empeño. Los municipios que hoy sienten los problemas derivados de la dificultad en administrar adecuadamente los residuos urbanos, deben iniciar el trabajo hacia la resolución del problema para evitar que se vuelva más grave aún en los próximos años.

3 ¿Cuáles son los tipos de plásticos?

Dijimos que los plásticos se dividen en dos categorías: termoplásticos y termofijos.

Los **termofijos** o termoestables, son plásticos que una vez moldeados por uno de los procesos usuales de transformación, no pueden ya modificar su forma, lo cual impide un

nuevo procesamiento. El ejemplo más clásico es la baquelita (resinas fenólicas) en los enchufes u asas de recipientes. También se pueden citar: las resinas epoxídicas utilizadas en adhesivos y componentes del automóvil; y los poliuretanos (PU), empleados en colchones, rellenos de tapicería, recubrimientos y acabados³⁰.

Estos materiales, aún cuando no puedan ser moldeados más de una vez, se pueden todavía utilizar para otras aplicaciones, como cargas inertes luego de ser molidos, o pueden incorporarse en composición con otros elementos como acondicionadores de asfalto, etc.

Los **termoplásticos**, más ampliamente utilizados, son materiales que pueden ser procesados varias veces según el mismo o un diferente proceso de transformación. Cuando se someten a temperatura y presión adecuadas se funden y pueden moldearse otra vez. Como ejemplo, pueden citarse: el polietileno de baja densidad (PEBD); el polietileno de alta densidad (PEAD); el cloruro de polivinilo (PVC); el poliestireno (PS); el poliestireno expandido (EPS); el polipropileno (PP); el polietileno tereftalato (PET); las poliamidas (PA); y muchos otros.

4 ¿Cuáles son los plásticos de mayor consumo?

Dentro de la gran variedad de resinas termoplásticas, apenas seis representan cerca del 90% del consumo: PEBD, PEAD, PP, PS, PVC y PET. En el Cuadro 2 se muestra la progresión en el consumo de materiales plásticos en Uruguay.

Plástico	1994 ^(a)	1995 ^(a)	1996 ^(b)
PEAD	10.2	8.1	
PEBD	21.5	16.0	28.2 ^(c)
PP	5.6	4.9	18.5
PS	1.7	1.3	
EPS	0.7	0.7	4.1 ^(c)
PVC	8.3	10.7	13.0
PET	-	-	4.1

(a): según Relevamiento Informativo sobre la Industria Plástica Latinoamericana, ALIPLAST.

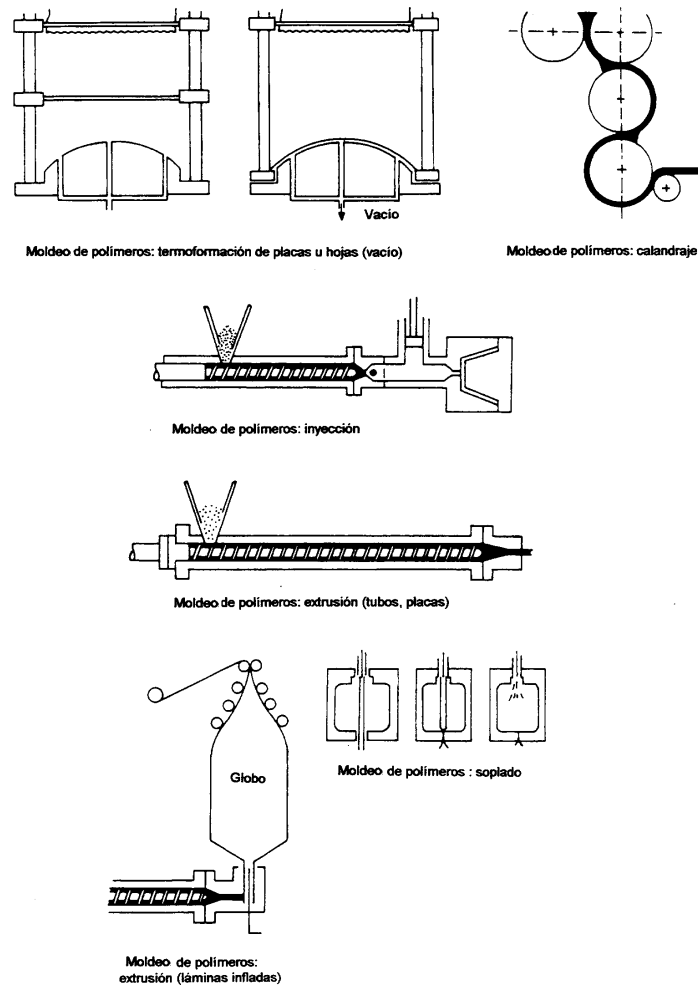
(b): según relevamiento hecho por el proyecto PNUD/URU/91/008, "Clasificación y Reciclo de Residuos Sólidos", IMM - PNUD, setiembre de 1996.

(c): los datos disponibles no separan entre polietileno de alta y de baja, ni entre poliestireno y poliestireno expandido.

5 ¿Cuáles son los procesos para fabricar artículos plásticos?

Los plásticos pueden ser fabricados o transformados mediante diversas tecnologías o procesos (Figura 2). Los más importantes son: inyección, moldeo por soplado, termoformaje, extrusión, rotomoldaje y calandraje. Algunos procesos, como la extrusión y el calandraje, se aplican a la fabricación de productos semielaborados (laminados, perfiles, tubos, hojas plásticas, etc.), mientras otros se aplican en la fabricación de productos acabados, como piezas de máquinas (inyección) o de recipientes, frascos y botellas (soplado, termoformaje, inyección, etc.).

FIGURA 2
Procesos de transformación de los plásticos



6 ¿Dónde se generan los desechos plásticos?

A nivel industrial: cualquiera que sea la tecnología utilizada en la formación de los plásticos, siempre existe una cierta cantidad de material residual, generado en las varias operaciones que componen el proceso. Ese material se puede casi siempre recuperar y reciclar mediante tecnologías tradicionales, que es lo que normalmente se hace.

A nivel urbano: Los residuos sólidos plásticos, en la verdadera acepción de la palabra, se generan principalmente en las residencias y en los establecimientos comerciales. Están constituidos, en su mayor parte, por envases desechables (bolsas, recipientes, hojas, frascos, botellas, protectores, etc.). En la ciudad de Montevideo se recogen unas 145 ton/día, lo que hace aproximadamente 100 g de residuos plásticos generados por habitante por día²⁷.

7 ¿Qué hacer con los residuos plásticos?

Para cualquier residuo la primera alternativa que se debe considerar es la de **minimizarlos en origen**, la primera de las 3R: Reducir, Reusar, Reciclar (ver Parte 1 de este mismo Capítulo V). En el caso de los plásticos además de las alternativas que tiene

toda industria de minimizar su desperdicio mejorando tecnología y procesos, en particular la industria plástica puede plantearse la reducción de la cantidad de plástico que forma el artículo, con la ventaja de reducir el consumo de recursos no renovables. La industria plástica está trabajando en este sentido: en los últimos veinte años, los espesores de los envases de igual contenido se han ido reduciendo hasta en un 50%²⁸.

La siguiente alternativa es la de dar nuevo uso a los plásticos. En ese sentido existen para ellos tres caminos posibles:

El **reciclado mecánico**, la alternativa más conocida. Consiste en triturar los objetos de plástico desechados, limpios, para elaborar gránulos de plástico reciclado, que luego son usados en la fabricación de nuevos objetos. Los Puntos 8 y 10 de esta Parte se extienden sobre este tema.

La **recuperación de los componentes iniciales**. Se somete el material residual polimérico a procesos fisicoquímicos para descomponerlo en componentes más sencillos. Mediante esos procesos los materiales plásticos son transformados en materias primas, que pueden nuevamente originar resinas vírgenes u otras sustancias de interés para la industria, tales como gases y aceites combustibles. Los procesos pueden ser: descomposición térmica en ausencia de oxígeno (pirólisis); tratamiento con hidrógeno a altas temperaturas; gasificación; tratamiento con disolventes. Esta alternativa es también vista como un reciclaje terciario (respecto al primario y secundario ver Punto 8), o reciclaje químico (diferenciando con el reciclado mecánico anterior). Este tipo de recuperación no se realiza todavía a gran escala, debido a las altas inversiones que requiere la tecnología necesaria y a su costo más elevado que el reciclaje mecánico.

La **valorización energética**. El plástico es un excelente combustible, posee un poder calorífico similar al del gas natural o al del fuel-oil, o dicho de otro modo, el valor energético de los plásticos es equivalente al de un aceite combustible (37,7 MJ/kg). Por esta razón, se pueden volver una valiosa fuente de energía. La incineración se realiza en muchos países para transformar residuos plásticos en energía. En este proceso, los plásticos son quemados, pura y simplemente con el propósito de generar energía térmica. Este proceso es especialmente adecuado para plásticos degradados o sucios, pero requiere de particulares cuidados técnicos para evitar la emisión de contaminantes atmosféricos, por lo mismo que se explicó de la inconveniencia de la quema indiscriminada de plásticos en los residuos sólidos. La dificultad relacionada con esta tecnología es el elevado costo de las instalaciones, que obliga a encarar escalas mínimas de operación; necesariamente son emprendimientos de tipo municipal o regional.

Estas dos últimas posibilidades no están siendo utilizadas actualmente en Uruguay²⁷.

8 El reciclaje del plástico

El reciclaje del plástico se puede clasificar en:

- **Reciclaje primario o pre-consumo:** Es la recuperación de estos residuos efectuada en la propia industria generadora o por otras empresas transformadoras. Consiste en la transformación de los materiales termoplásticos provenientes de residuos industriales limpios y de fácil identificación, no contaminados por partículas extrañas, mediante tecnologías convencionales de procesamiento, en productos con características equivalentes a las de productos fabricados a partir de resinas vírgenes. Esos residuos están constituidos por artículos defectuosos, descartes provenientes de moldes o de sectores de corte y procesamiento. Se puede afirmar que en la práctica, el 100% de estos residuos se recupe-

ra, y la calidad de los artículos producidos con este material es en esencia la misma que la obtenida utilizando resinas vírgenes.

En Uruguay²⁷ este tipo de reciclado de plástico abarca prácticamente todos los scraps industriales. Se realiza en las propias empresas fabricantes o empresas únicamente procesadoras de desechos industriales, las que en algunos casos existen por acuerdos de varias empresas fabricantes. El proceso de los scraps industriales para fabricación de otros productos existe para el polietileno y para el PVC. Hay empresas que fabrican, entre otros, films de polietileno y caños de PVC únicamente con descartes industriales. Siempre teniendo en cuenta que el material reciclado no es apto para alimentos ni agua potable. En el caso del PET, para el que no hay quien lo reprocese, se da el caso de una empresa líder embotelladora de refrescos, la que mediante un acuerdo entre un depósito, una empresa procesadora y compradores en Estados Unidos, procesa su descarte de PET, exportándolo en forma de escamas. Este descarte incluye los envases retornables ya no aptos para el uso³².

- **Reciclaje secundario o post-consumo:** es la transformación de residuos plásticos de productos descartados en los residuos sólidos urbanos. Los materiales que entran en este grupo provienen de plantas de clasificación, sistemas de recolección selectiva, depósitos, clasificación informal. Están constituidos por los más diferentes tipos de material y de resinas, lo cual exige una buena separación para que puedan ser reaprovechados.

Cuando se habla en general de *reciclado de plásticos de residuos sólidos urbanos*, se entiende este reciclaje post-consumo. Debido a la mezcla con otros materiales, como restos de alimentos, tierra, trapos, metales, vidrios, papel, etc., se hace necesario realizar la separación de esos materiales en la mejor forma posible. Este problema se reduce cuando se aplica un sistema de recolección selectiva de residuos sólidos en origen, mediante el cual las personas mismas separan los diversos tipos de materiales en las propias residencias y empresas comerciales, con lo cual se evita la contaminación con otros materiales.

En Uruguay²⁷, aunque existen pequeñas empresas manejando polietileno del consumo final, es muy escaso el reciclado del plástico proveniente de los residuos sólidos urbanos. Las investigaciones realizadas por el proyecto de “Clasificación y Reciclo de Residuos Sólidos”, IMM/PNUD, para detectar por qué no están presentes los plásticos en los circuitos de clasificación, siendo que, luego de los restos de alimentos, son los que están presentes en mayor proporción en masa y especialmente en volumen, han dado como resultado que:

- la gran variabilidad de precios que han sufrido en los últimos años hace que los clasificadores y los depositeros chicos no estén dispuestos a correr el riesgo de acumularlos;
- la falta de capacidad para clasificarlos por falta de conocimiento y por las dificultades operativas que esto presenta han desestimulado su recolección;
- las dificultades para el lavado, especialmente los flexibles, impide la mejora de los mismos;
- es creencia generalizada que varios de los plásticos no son reciclables;
- hay poca predisposición del sector formal de tomar estos materiales por los problemas de clasificación y lavado. La escasa inversión de las empresas involucradas en tareas de lavado y reciclo hace que, hasta el presente, no están en condiciones de ofrecer al mercado materiales de niveles de limpieza, desagregación y regularidad suficientes para inspirar confianza al sector formal de transformadores.

Existe sin embargo en Uruguay una experiencia de reciclado post-consumo que, dadas

sus características trasciende las actividades de empresa. La Campaña de Reciclaje de la Bolsa de Leche impulsada por el Consejo de Enseñanza Primaria, diversas intendencias municipales y una empresa líder en lácteos, constituye un Programa de Educación Ambiental dirigido a sensibilizar a la población en relación al tratamiento de los residuos sólidos domiciliarios, y motivar cambios en los comportamientos y actitudes ciudadanas respecto a esos temas. Los sachés de lácteos, previamente abiertos, enjuagados y secos por los escolares y sus familias, son llevados a las escuelas donde se realizan las actividades de educación ambiental. Las intendencias recogen el material de las escuelas y lo trasladan a la planta de reciclaje. La empresa láctea toma a su cargo el proceso de transformación del material en bolsas recicladas para residuos, que son utilizadas por las propias escuelas y por las intendencias, las que las adquieren para uso en la limpieza de espacios públicos. La referida campaña iniciada en 1993 es de carácter permanente, cuenta al presente con la participación de doce intendencias municipales y continúa su proceso de expansión³³.

En Brasil, de las empresas que se dedican a la recuperación y/o reciclaje de materiales plásticos, una gran parte trabaja sólo con residuos industriales, los cuales, cuando provienen de empresas idóneas, presentan una muy buena calidad, tanto con relación a homogeneidad como en cuanto a contaminación por otros plásticos o materiales. Son las empresas pequeñas y medianas las que generalmente operan con plásticos recolectados debido a su bajo costo, desde vertederos, centros de clasificación de residuos sólidos, chatarrerías, e intermediarios, que les compran materiales a los recolectores informales, a la industria y al comercio. Se sabe que algunos recicladores utilizan, inclusive, plásticos de residuos sólidos hospitalarios y bolsas u otros envases de agroquímicos.

La dificultad en reciclar los residuos plásticos reside, justamente, en el hecho que estos se encuentran todos mezclados, lo cual obliga a separar los diferentes tipos, por ser incompatibles entre sí y no poder ser procesados por un equipo convencional. Por lo que los recicladores procuran adquirir la materia prima deseada previamente separada, a pesar de que siempre hace falta proceder a una inspección ocular para separar los plásticos indeseados, los cuales invariablemente están presentes en cada lote recibido.

9 ¿Cómo identificar los tipos de plástico?

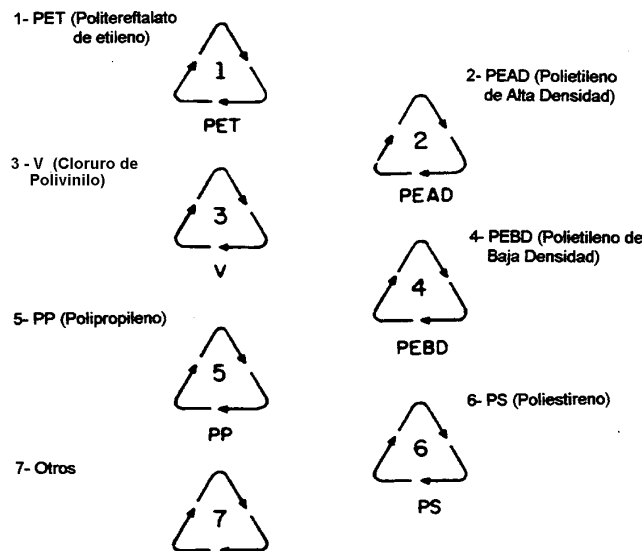
La separación de los diferentes plásticos por tipo de resina es un problema que no ha sido resuelto, siendo uno de los motivos que restringe el reciclaje de los plásticos. A pesar de los muchos estudios e investigaciones ya realizadas o en proceso, no se ha llegado hasta hoy, a un sistema que pueda, de manera rápida, automática y eficiente, realizar la perfecta separación de los plásticos. Muchos artículos se fabrican con más de un tipo de resina, lo cual complica aún más la separación.

Buscando una rápida identificación, se ha diseñado una **codificación de las resinas** utilizadas en la fabricación de artículos de plástico. La idea es imprimir o marcar en el artículo, en su embalaje o en un rótulo, el código correspondiente a la resina utilizada, o a las dominantes en caso de que se trate de una mezcla, de acuerdo con el sistema presentado en la Figura 3. La situación mejor es la de grabar el código en el producto mismo en los casos que sea posible, para evitar contaminar con tinta el material. Esto es aplicable cuando existen moldes o paredes gruesas, pero es muy difícil en láminas finas.

Este sistema fue desarrollado para ayudar a los recicladores a identificar y separar los plásticos manualmente, mientras se logra idear un sistema automático que cumpla esta tarea.

La Asociación Uruguaya de Industrias del Plástico ha declarado la intención de que todas las empresas que utilizan materiales plásticos, pongan el código de identificación en

FIGURA 3
Sistema internacional de codificación de plásticos



cada uno de los artículos, sin embargo esto no se cumple en una parte importante de los casos.

Existe otra forma simple para identificar los plásticos que se encuentran en los residuos sólidos. Este método se basa en algunas características físicas y de degradación térmica de los plásticos. Puede ser muy útil también cuando existen dudas con respecto al tipo de resina. Algunas de esas características se indican a continuación.

- Polietilenos de baja y de alta densidad:
 - baja densidad (flotan en el agua).
 - se derriten a baja temperatura (PEBD = 85° C; PEAD = 120° C).
 - se queman como una vela, y despiden olor a parafina.
 - superficie lisa y “cerosa”.
- Polipropileno:
 - baja densidad (flota en el agua).
 - se derrite a baja temperatura (150° C).
 - se quema como una vela, y despide olor a parafina.
 - cuando se aprietan entre las manos, hacen ruido como de celofán.
- Cloruro de polivinilo:
 - alta densidad (se hunde en el agua).
 - se derrite a baja temperatura (80° C).
 - se quema con gran dificultad, y despide un olor acre.
 - se puede soldar mediante solventes (acetonas).
- Poliestireno:
 - alta densidad (se hunde en el agua).
 - es quebradizo.
 - se derrite a bajas temperatura (80 a 100° C).
 - se quema relativamente fácil, y despide olor a “estireno”.
 - es afectado por muchos solventes.
- Polietileno tereftalato:
 - alta densidad (se hunde en el agua)
 - muy resistente.
 - se derrite a baja temperatura (80° C).

Los plásticos poseen entonces características diferentes entre sí que pueden ayudar a separarlos. De hecho, gran parte, si no la mayoría de las empresas recicladoras de residuos sólidos plásticos, hacen la separación y purificación de los plásticos por la diferencia de densidad (algunos plásticos flotan en el agua, otros se hunden, y de esta forma se pueden separar). A

CUADRO 3	
Densidad de plásticos granulados	
Tipos de plásticos	Densidad (g/cm ³)
Polipropileno	0.900 - 0.910
Polietileno de Baja Densidad	0.910 - 0.930
Polietileno de Alta Densidad	0.940 - 0.960
Poliestireno	1.040 - 1.080
Polivinilo, cloruro	1.220 - 1.300
Polietileno, tereftalato	1.220 - 1.400

Además, existen algunos embalajes y artículos tan tradicionales, que su identificación se vuelve relativamente simple. La Tabla 1 presenta algunos ejemplos típicos.

TABLA 1	
Materiales por Tipos de plásticos	
<ul style="list-style-type: none"> • baldes, frascos y botellas de alcohol, tanques: PEAD. • conductores para alambres y cables eléctricos: PVC, PEBD, PP. • vasos para agua mineral: PP y PS. • vasos desechables (café, agua, cerveza, etc.): PS. • envoltorios para pasta, golosinas y galletas: PP, PEBD. • frascos de detergentes y productos de limpieza: PP, PEAD, PEBD, y PVC. • frasco de champús y artículos de higiene: PEBD, PEAD, PP. • gabinetes de computadoras, aparatos de sonido y TV: PS. • botellas de agua mineral: PEAD, PP, PET y PVC. • botellas de refrescos: PET y la tapa en PP con un retentor en EVA. • espumaplast®: EPS. • lonas agrícolas: PEBD, PVC. • envases de margarinas: PP. • bolsas de abono: PEBD. • bolsas de leche: PEBD. • bolsas para la residuos sólidos: PEBD. • bolsas de rafia: PP. • caños: la mayor parte fabricada en PVC, pero también en PEAD, PEBD y PP. 	

10 Procesos de reciclado de plásticos de residuos sólidos

El aprovechamiento de materiales plásticos desde los residuos sólidos urbanos (Punto 8), se puede hacer por dos procesos distintos: sin o con separación de las resinas.

Sin separación de las resinas

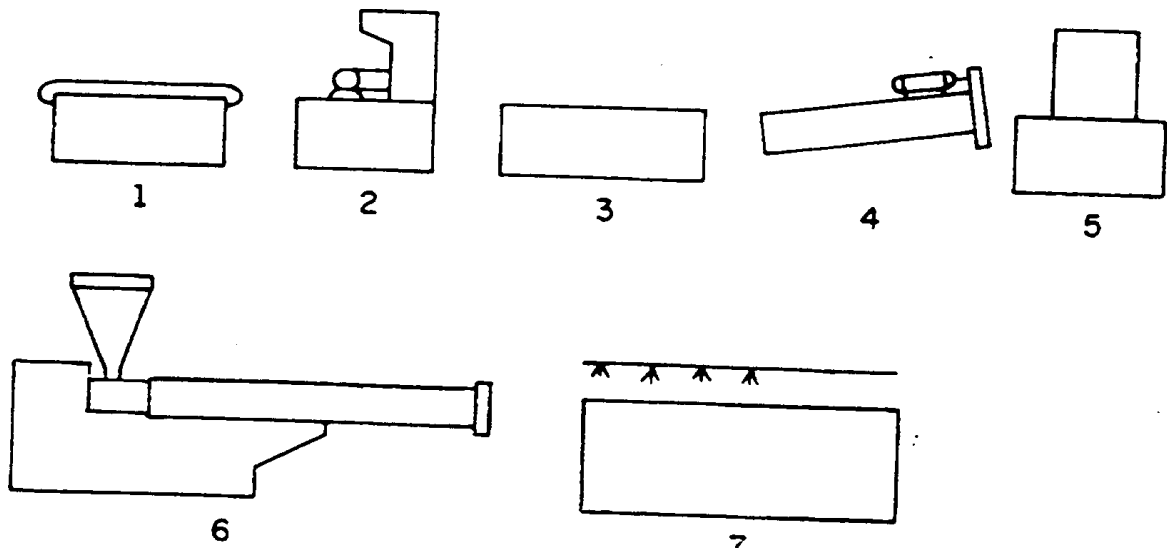
Significa, el reprocesamiento de plásticos mezclados.

Esta alternativa exige altas inversiones en equipos especiales (una planta puede costar varios millones de dólares), necesarios para la obtención de productos de buena calidad, actualmente fabricados sólo en el extranjero. La desventaja de este proceso, además del elevado costo de inversión, es su limitación a la producción de artefactos. Debido a su concepción, permite sólo la fabricación de piezas de espesor relativamente grueso, obteniendo la llamada “madera plástica” para mobiliario, postes, tarimas para depósitos, etc.

De acuerdo con la Figura 4, las principales etapas involucradas en este proceso son:

- trituración de los plásticos;
- lavado con agua con o sin detergentes;
- secado;
- almacenamiento;
- aglutinación;
- transformación en nuevos productos mediante equipos especiales.

FIGURA 4
Reciclaje de una mezcla de plásticos



título de ilustración, el Cuadro 3 muestra las densidades de algunos plásticos.

1 - Mesa de clasificación	2 - Molino/triturador	3 - Tanque lavador
4 - Secador	5 - Aglutinador	6 - Extrusora
7 - Sistema de enfriamiento		

Con separación por tipo de resina

La recuperación y el reciclaje de plásticos separados por tipo de resina permite por ejemplo,

con...

botellas de PET
botellas de PVC
botellas de PEAD
botellas de PP
espuma de EPS
bolsas de PEBD

producir...

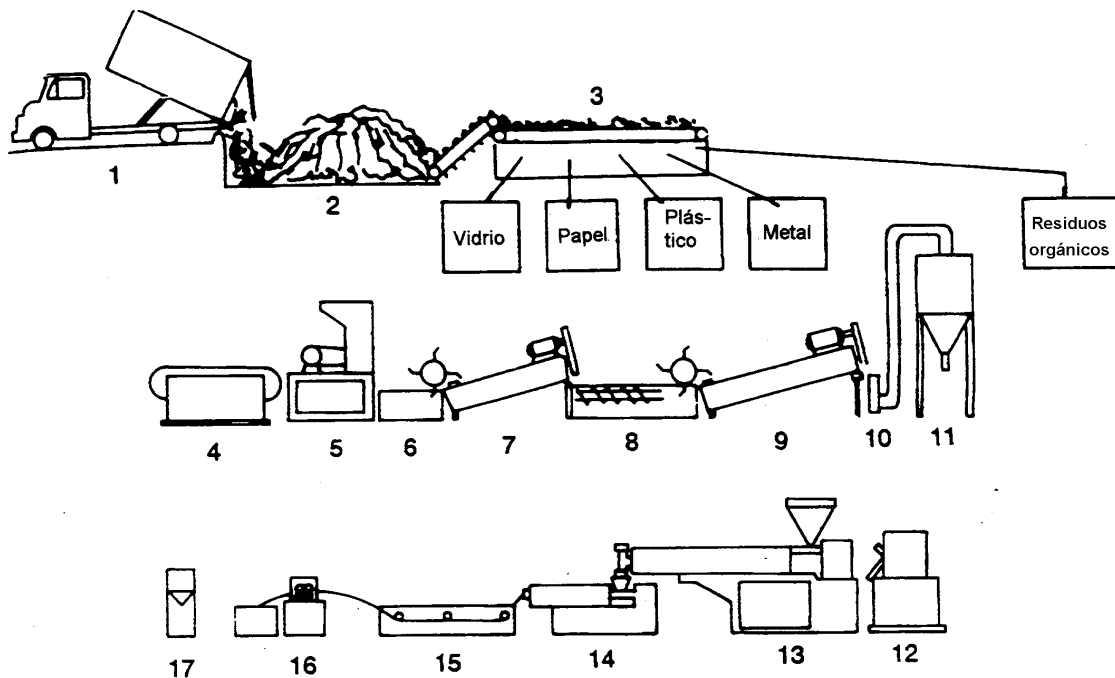
alfombras..
cañerías de desagüe..
botellas..
cuerdas..
bandejas..
bolsas para residuos sólidos...

El proceso consiste en:

- separación de los plásticos y de otros materiales, a través de la clasificación manual;
- identificación, separación y clasificación de los diferentes tipos de plástico;
- trituración, lavado y secado;
- aglutinación;
- extrusión;
- granulación;
- transformación en nuevos productos mediante procesos y equipos tradicionales.

Como ya se comentó anteriormente, la etapa más crítica del proceso es la identificación y separación de los diversos tipos de plástico. La mezcla indiscriminada de diferen-

FIGURA 5
Procesos de recuperación de plásticos diferentes



tes resinas da como resultado productos de baja calidad y, muchas veces, inprovechables. La Figura 5 presenta el diagrama del proceso y el Cuadro 4 las etapas involucradas.

- | | |
|--------------------------------------|----------------------------|
| 1- Recepción de los residuos sólidos | 10- Soplador |
| 2- Fosa de descarga | 11- Silo |
| 3- Correa transportadora | 12- Aglutinador |
| 4- Mesa de clasificación | 13- Extrusora |
| 5- Molino/triturador | 14- Extrusora |
| 6- Tanque lavador/separador | 15- Tanque de enfriamiento |
| 7- Lavador | 16- Granulador |
| 8- Lavador/transportador | 17- Ensacador |
| 9- Secador | |

CUADRO 4
Etapas involucradas en el reciclaje de plásticos separados

Etapas	Descripción
Separación	Identificación de los plásticos PEBD, PEAD, PVC, PP, PS, PET, otros
Trituración	Molienda y lavado
Regeneración	Secado Aglutinación Extrusión
Post-tratamiento	Granulación Agregado de aditivos Granulación
Reciclaje	Transformación en artículo nuevo

11 Los beneficios del reciclaje del plástico

El reciclaje de los materiales plásticos que se encuentran en los residuos sólidos urbanos produce beneficios sociales y económicos para la sociedad, entre los cuales se pueden destacar los siguientes:

- reducción del volumen de residuos sólidos recolectados que se envían a los rellenos

sanitarios, propiciando aumento de la vida útil de los mismos y reducción en el costo del transporte.

- economía de energía y petróleo, pues los plásticos son derivados del petróleo, y un kilo de plástico equivale a un litro de petróleo en energía;
- generación de empleos (clasificadores, obreros, almacenadores, etc.);
- menor precio para el consumidor de los artículos producidos con plástico reciclado (en promedio, los artículos de plástico reciclado son un 30% más baratos que los mismos productos confeccionados con materia prima virgen);
- mejoras sensibles en el proceso de descomposición de la materia orgánica en los rellenos sanitarios, dado que el plástico impermeabiliza las capas de material en descomposición, perjudicando la circulación de gases y líquidos.

12 Dificultades para implantar un reciclaje del plástico

La implantación de un sistema de recolección selectiva y de procesos para la adecuada separación de materiales plásticos de los residuos sólidos, presenta algunos problemas que deben tener soluciones diferentes en función de las diversas características de cada municipio.

Entre los problemas más comunes, se pueden mencionar los siguientes:

- la escasez de empresas interesadas en comprar material separado de los residuos;
- las distancias que a veces separan el municipio del mercado comprador;
- la dificultad en separar correctamente los diversos tipos de plástico;
- la difícil tarea de garantizar a los compradores un suministro continuo de materia prima de buena calidad.

No debe perderse de vista que una tasa importante de desvío de los residuos plásticos de un relleno sanitario, puede traer como consecuencia la paralización de la descomposición de la materia orgánica putrescible en el relleno. Al disminuir la carga de inertes puede haber un aumento tal de los ácidos generados en la primera fase de la biodegradación que se inhiba el proceso de putrefacción, con las consecuencias negativas para la operación del relleno³¹.

13 Comercialización del plástico reciclado

El plástico proveniente de los residuos sólidos puede ser comercializado en diversas formas y niveles de preparación, dependiendo de los sistemas de recolección y clasificación, del valor agregado, de la disponibilidad de empresas recicladoras en la región, etc. En forma general, las empresas que se dedican al reciclaje o la reventa de este tipo de material prefieren adquirirlo previamente separado y limpio, pues así podrá ser procesado con más facilidad. Es por tanto, conveniente que la intendencia o una asociación con credenciales para esa tarea, monte una estructura mínima para preparar los plásticos con miras en el mercado comprador. Tanto a través de la recolección selectiva, como a través de la recolección convencional, los plásticos deben pasar por un proceso que los prepare para una posterior transformación.

Según la preparación que se les aplique, pueden ser comercializados bajo las siguientes formas:

- **plástico mezclado:** los objetos de plástico son separados de los otros materiales que componen los residuos sólidos, mediante la selección manual en una correa móvil; luego de separado, el material es colocado en bolsas plásticas, que se comprimen, amarran y rotulan;
- **plástico separado:** los artículos plásticos son separados por tipo de resina, mediante la clasificación manual en una correa móvil; cada operario será responsable de retirar uno o dos tipos de plástico y los irá depositando en recipientes identificados con el nom-

bre o el símbolo de la resina. Los plásticos separados son colocados en bolsas plásticas, prensados e identificados convenientemente;

- **plástico triturado:** después de la separación por tipo de resina, los artículos de plástico son triturados según la granulometría adecuada en molinos de cuchillas y luego son embolsados e identificados correctamente;

- **plástico aglutinado:** los plásticos luego de ser triturados, son lavados en un tanque con agua, secados en un bastidor con la ayuda de sopladores de aire, y condensados en un aglutinador. Ese equipo consiste en una cesta rotativa, semejante al de una lavadora para ropa, que al girar recalienta el plástico por fricción, secando y condensando el material triturado. El material al ser retirado del granulador y enfriado al aire es embolsado, recibiendo etiqueta de identificación;

- **plástico granulado (peletizado):** aunque algunos equipos puedan transformar directamente a plástico granulado, es conveniente que dicho material pase por una extrusora y luego por un granulador. Al pasar por la extrusora el material es fundido, homogeneizado y obligado a pasar por una matriz que contiene diversos orificios, de los cuales saldrán filamentos plásticos (“spaghetti”). Estos filamentos son enfriados en un baño de agua fría y cortados en pedazos de aproximadamente 2 a 3 mm. en un equipo granulador. Luego el material granulado es embolsado y etiquetado.

Es evidente que el precio del material que va a ser comercializado aumenta en proporción de su mejora, como también aumenta su costo. La elección de una de las alternativas presentadas depende básicamente de las características de la recolección, del tamaño del municipio, de la disponibilidad de espacio, de la ubicación, de las industrias del sector en fin, de un conjunto de factores que determinarán la elección más adecuada.

14 Situación uruguaya y proyecciones futuras

Como ya se mostró en el Cuadro 1, Uruguay todavía consume poco plástico en comparación con otros países desarrollados. Es de suponer por lo tanto, que la demanda aumentará en los próximos años y, en caso de que no haya una buena planificación para gestionar los residuos plásticos, con seguridad las consecuencias serán semejantes a las ya vividas por algunos países. Estos a veces se encuentran con volúmenes enormes de residuos sólidos, sin saber exactamente qué van a hacer, mientras que las áreas disponibles para rellenos se vuelven cada día más escasas, las instalaciones de incineradores no siempre son aprovechadas por la población local y los costos financieros y políticos se vuelven incompatibles con la realidad de esas regiones.

En las grandes ciudades se presentan problemas relacionados con la escasez de espacios disponibles para instalar rellenos sanitarios, que cada día quedan más lejos, o bien, en algunos casos tales espacios no existen, lo cual crea una situación preocupante pues la tasa de crecimiento poblacional - a pesar de haberse reducido - continúa bastante alta y la tendencia es la de una mayor generación de residuos sólidos. Considerando esos factores, potenciados por el hecho de que el aumento del poder adquisitivo de la población propicia un mayor consumo, contribuyendo a una mayor generación de residuos sólidos, se vuelve necesaria una urgente toma de posición por parte de los responsables, para que se inicien estudios y proyectos que prevean la solución de un problema tan crítico y desafiante.

La reutilización de materiales plásticos es una condición esencial para la gestión de los residuos sólidos, ya que esos materiales significan un gran volumen de los residuos sólidos urbanos, y su desvío del relleno sanitario contribuirá significativamente a un mejor aprovechamiento de los recursos y la consiguiente mejora de la calidad de vida de los ciudadanos. Las intendencias podrían inclusive, crear incentivos (fiscales, estructurales, etc.) para motivar y concientizar a los ciudadanos y a las empresas a participar activa-

mente en el proceso, al igual que fomentar la utilización de productos reciclados. Con esto las intendencias estarían dando ejemplo y aval para el consumo de los plásticos reciclados, ayudando a combatir algunos de los tabúes que aún existen.

Aunque haya, en ciertos casos, algunas limitaciones y restricciones en cuanto al uso del plástico procedente de los residuos sólidos urbanos (no puede usarse para contener alimentos, productos farmacéuticos y hospitalarios y algunos tipos de juguetes), si esta materia prima es tratada adecuadamente se puede utilizar en la fabricación de muchos productos, conservando casi las mismas propiedades que los artículos hechos con materia prima virgen. Sin embargo, el prejuicio todavía existente sobre la mala calidad de los artículos de plástico reciclado, impide un uso mayor del plástico reciclado. Esto se basa en la falta de información y también en la existencia de algunos procesadores, que insisten en la tesis de que la competitividad sólo se alcanza cuando hay precios bajos, sin que importe la calidad del producto. Se debe destacar que existen normas técnicas y especificaciones que se deben observar, tanto en el caso de que la materia prima sea virgen o reciclada.

El plástico reciclado contribuye eficazmente al desarrollo de artículos de buena calidad y bajo costo, tales como: conductores eléctricos, mangueras, bolsas para residuos, juguetes, utensilios domésticos, etc., y productos industriales de alta demanda, tales como tarimas, marcos, postes y perfiles de “madera plástica”, asientos de autobuses y del metro, y un sin fin de otros productos.

En Uruguay²⁷, la potencialidad de estos materiales es grande, pasando la solución fundamentalmente por el aporte de tecnología y financiamiento. El aporte tecnológico se centraría tanto en capacitación de los actores como en equipamientos adecuados para la clasificación y el lavado. El aporte financiero iría orientado especialmente al mantenimiento de capacidades de estiba lo suficientemente altas para minimizar los efectos de la variabilidad de precios de las materias primas vírgenes, lograr la escala suficiente para producir a costos competitivos con otros materiales plásticos y con otros materiales de construc-

ción (madera, cemento, metal) y negociar adecuadamente en el mercado internacional.

Referencias

- 1 ALI, D.M., SUBRAMANIAN, T.V. Waste plastics: re-use of materials and recovery of energy. *Plastics and Rubber International*, v.7, n.1, Feb. 1982.
- 2 SPECIALIZED machinery for the recycling imperative. *Modern Plastics International*, p. 62-64, Apr. 1991.
- 3 NAFTA em queda reanima o setor. *Plástico moderno*, p.27-46, abr. 1994.
- 4 AMERICAN SOCIETY FOR TESTING OF MATERIALS. Disposal of plastics with minimum environmental impact. S.I., 1973. (STP533).
- 5 BERTOLINI, G., FONTAINE, J. European exchanges of plastics waste: the central position of Italy. *Conservation & Recycling*, v.7, n.1, p.43-48, 1984.
- 6 BUEKENS, A.G. Plásticos y reciclaje de residuos plásticos. En: CONFERENCIA SOBRE UN DESARROLLO INDUSTRIAL ECOLOGICAMENTE SOSTENIBLE, 1991, Copenhague. Proceedings... Copenhague: ONUDI, 1991.
- 7 CASTELNUOVO, L. Experience and activities of monteco in the urban plastic waste recycling. En: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE RECICLAGEM DE PLÁSTICOS, 1992, S.I., Anais... S.I.: ABIQUIM, 1992.
- 8 EHRIG, R.J. Plastics recycling: products and processes. S.I.: Ed. Harigen, 1992.
- 9 ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Decision makers guide to solid waste management. S.I., 1989. 155 p. (EPA/530-SW-89-072).
- 10 FOUHY, K. et al. Plastics recycling diminishing return. *Chemical Engineering*, p.30-34, Dec. 1993.
- 11 GAINES, L.L., WOLSKY, A.M. Resource conservation through beverage container recycling. *Conservation & Recycling*, v.6, n.1-2, p.11-20, 1983.
- 12 HACKENBERGER, A. Reciclagem de poliestireno expandido. En: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE RECICLAGEM DE PLÁSTICOS, 1992, S.I. Anais... S.I.: ABIQUIM, 1992.
- 13 HAMAYA, S. The present situation and outlook on plastic waste recycling in Japan. *Conserving & Recycling*, v.4, n.3, p.185-192, 1981.
- 14 HOUSE, E.F. Solid waste solutions. En: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE RECICLAGEM DE PLÁSTICOS, 1992, S.I. Anais... S.I.: ABIQUIM, 1992.
- 15 KREISHER, K.R., MAPLESTON, P. Recycling becomes top priority for car makers. *Modern Plastics International*, p.36-38, June 1991.
- 16 LEAVERSUCH, R.D. Chemical recycling brings real versatility to solid waste management. *Modern Plastics International*, p.26-45, July 1991.
- 17 MADER, F.W. Reaproveitamento de plásticos: um desafio global. En: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE RECICLAGEM DE PLÁSTICOS, 1992, S.I., Anais... S.I.: ABIQUIM, 1992.
- 18 MANO, E.B. Polímeros como Materiais de Engenharia. S.I.: Edgar Blúcher, 1991.
- 19 MILGRN, J. Recycling plastics: current status. *Conservation & Recycling*, v.3, n.3/4, p.327-335, 1974.
- 20 MODERN PLASTICS ENCYCLOPEDIA, 1991, S.I.: Ed. Rosalind Juran Mc Graw-Hill. 1990. v.67, n.11, 1990.
- 21 NEALE, C.W. Observations on the economics of recycling industrial scrap plastics in new products. *Conservation & Recycling*, v.6, n.3, p.91-105, 1983.

- 22 PLASTICS in the environmental. S.I.: Harring Chemsult, s.f.
- 23 SIEH, T.K., KATSING, T. Reciclagem do PET. En: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE RECICLAGEM DE PLÁSTICOS, 1992. S.I. Anais... S.I.: ABIQUIM, 1992.
- 24 TOENSMEIER, P.A. Solid waste crisis creates market for dedicated recycling lines. Modern Plastics International, p.74-78, Nov. 1989.
- 25 ASOCIACION VENEZOLANA DE INDUSTRIAS PLÁSTICAS (AMPLA).
- 26 ASOCIACIÓN URUGUAYA DE INDUSTRIAS DEL PLÁSTICO. Relevamiento Informativo sobre la Industria Plástica Latinoamericana. Estadísticas ALIPLAST.
- 27 PROYECTO PNUD/URU/91/008, "Clasificación y Reciclo de Residuos Sólidos", Asistencia Preparatoria / Segunda Etapa, IMM, PNUD, Setiembre 1996.
- 28 FUNDACION DE LA INDUSTRIA PLASTICA, "Los plásticos y sus residuos", Buenos Aires 1995.
- 29 ANÁLISIS SECTORIAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN URUGUAY, Serie Análisis Sectoriales N° 7, Plan Regional de Inversiones en Ambiente y Salud. OPS/OMS - DINAMA - GTZ - PNUD. Marzo 1996.
- 30 PLASTICS ENGINEERING HANDBOOK. Society of the Plastics Industry. 5th. Edition. Ed. M.L. Berins. New York. 1991.
- 31 BORZACCONI, L. Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República. En: III Seminario del Plástico, AUIP, Nov. 1997.
- 32 MONTEVIDEO REFRESCOS. Informaciones personales.
- 33 CONAPROLE. Informaciones personales.

3.3 El Vidrio

1 ¿Qué es el vidrio?

El vidrio es un material obtenido por la fusión de compuestos inorgánicos a altas temperaturas, y el enfriamiento de la masa resultante hasta un estado rígido, no cristalino.

El principal componente del vidrio es la sílice (SiO_2). La sílice, sola, sería un vidrio ideal para muchas aplicaciones, pero las altas temperaturas necesarias para su fusión y las dificultades para darle forma limitan su uso a algunas aplicaciones especiales.

Para reducir la temperatura de fusión de la sílice, es necesario utilizar un fundente, y para ello sirve el óxido de sodio (Na_2O). Como el conjunto $\text{SiO}_2\text{-Na}_2\text{O}$ es soluble en agua, se añade un tercer elemento, el óxido de calcio (CaO), que le confiere al vidrio la estabilidad química necesaria. Este vidrio se denomina vidrio soda-cal.

El vidrio soda-cal, también llamado «vidrio común», representa el 90% de todo el vidrio fabricado en el mundo. El vidrio soda-cal, además de SiO_2 , Na_2O y CaO , que constituyen aproximadamente el 90% de su composición, posee otros elementos, algunos provenientes de la propia materia prima usada, como el óxido de hierro (Fe_2O_3), y otros agregados a propósito para brindarle al vidrio características deseables, como es el caso del óxido de aluminio (Al_2O_3).

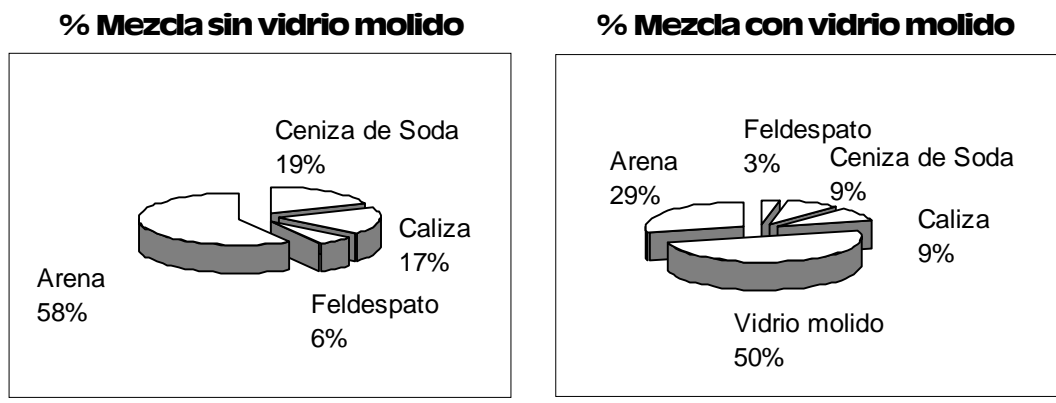
El Al_2O_3 se le añade al vidrio para mejorar su durabilidad química, inhibir su cristalización durante el enfriamiento y controlar su viscosidad, propiedad muy importante en todas las etapas de fusión, conformación y recocimiento del vidrio.

El Fe_2O_3 es una impureza presente en la mayoría de las materias primas naturales. Para los vidrios incoloros de alta calidad es necesario minimizar la cantidad de este óxido en la formulación, pues presenta gran influencia en la coloración del vidrio. Vidrios transparentes de alta calidad utilizan arenas con niveles de Fe_2O_3 inferiores a 0,01%.

Materias primas del vidrio

Arena, soda, caliza y feldespato son las materias primas básicas en la fabricación del vidrio tipo soda-cal.
A esa mezcla se le añaden trozos de vidrio generados internamente en la fábrica o comprados, procedimiento que reduce sensiblemente los costos de producción.

FIGURA 1
Formulación de un vidrio soda-cal (valores típicos)



2 ¿Tienen todos los vidrios la misma composición?

Aunque todos los vidrios partan de una misma base, poseen composiciones diferentes, de acuerdo con la finalidad a la que se destinan. De este modo, hay:

- vidrio soda-cal, también denominado «vidrio común»;
- vidrio borosilicato (contiene óxido de boro);
- vidrio de plomo (contiene óxido de plomo);
- vidrios de formulaciones específicas.

3 Algunos productos de vidrio

- ***Vidrio para envases***

Botellas, potes, frascos y otros envases fabricados con vidrio común en colores blanco, ámbar y verde.

Son los únicos productos de vidrio fabricados en Uruguay con una capacidad instalada de 45 mil toneladas anuales (unos 125 ton/día), de las cuales 50% es para exportación²⁰. La capacidad instalada en Brasil es de 3.430 ton/día¹⁸.

- ***Vidrio plano***

Vidrios planos lisos, vidrios cristales, vidrios impresos, vidrios templados, laminados, y coloreados, fabricados en vidrio común.

- ***Vidrios domésticos***

Tazas, bandejas, vasos, platos, ollas y otros productos domésticos fabricados en diversos tipos de vidrio común, borosilicato, de plomo, vidrio-cerámica.

- ***Fibra de vidrio***

Mantas, tejidos, hilos y otros productos para aplicaciones de refuerzo o aislamiento, fabricados con vidrio borosilicato.

- ***Vidrios técnicos***

Lámparas incandescentes y fluorescentes, tubos de TV, vidrios para laboratorio, vidrios para termos, vidrios para anteojos y aislantes térmicos, fabricados en vidrio común, de plomo y de fórmulas específicas.

4 Procesos para la fabricación del vidrio

En la actualidad, la industria del vidrio utiliza procesos de fabricación específicos de acuerdo con el tipo de producto final que se desea. Una primera clasificación divide esos procesos en Primarios (automáticos y manuales) y Secundarios.

Los procesos primarios se caracterizan por la producción de vidrio a partir de la fusión de materias primas a altas temperaturas, mientras los procesos secundarios son los que transforman el vidrio en otros productos, es decir, cualquier proceso en el que la materia prima para la fabricación sea el propio vidrio, tal como: espejos, vidrios templados, vidrios laminados, entre otros.

5 El reuso del vidrio

El vidrio es un material no poroso, que resiste temperaturas de hasta 150° C (vidrio común), sin perder ninguna de sus propiedades físicas y químicas. Esta particularidad permite que los objetos de vidrio puedan ser reutilizados varias veces para un mismo propósito.

La posibilidad de poder lavar y esterilizar los envases de vidrio con un alto grado de seguridad, hizo que el uso de envases de vidrio retornables sea bastante difundido.

Los envases de vidrio retornables se emplean básicamente para contener cervezas, refrescos y agua, sus características físicas y mecánicas están normalizadas. Una vez consumido el producto, son devueltos a las propias embotelladoras de bebidas para su lavado y esterilizado, en locales habilitados, antes de ser utilizados de nuevo.

Las botellas retornables de vidrio, por el hecho de que deben ir y volver a las fábricas, y se deben abrir y tapar varias veces, deben ser más resistentes y por lo tanto más pesadas que los otros envases. Existe una tendencia, lenta pero bien definida, de ir sustituyendo progresivamente estas botellas retornables por botellas más livianas y desechables, destinadas a ser utilizadas una sola vez.

Es importante enfatizar que solamente los envases de vidrio retornables, proyectados específicamente para ser reutilizados, deben tener esa finalidad. Todos los otros envases de vidrio deben ser obligatoriamente quebrados, para ser vendidos a las industrias del vidrio o para otros usos alternos, como los que se mencionan abajo.

Importante

La reutilización indiscriminada de botellas, frascos y otros recipientes de vidrio, que no hayan sido adecuadamente lavados y esterilizados, constituye un riesgo potencial para la salud de la población.

Cabe recordar que la etapa más importante de la limpieza de envases de vidrio es la esterilización, que normalmente se hace a altas temperaturas (entre 100 y 150°C).

6 El reciclaje del vidrio

El vidrio es reciclable en un 100%, y durante el proceso de fusión no se produce pérdida de material. Con cada tonelada de fragmentos de vidrio limpio, se obtiene otra tonelada de vidrio nuevo. Es más: se deja de utilizar 1,2 toneladas de materia prima virgen.

La inclusión de cascotes, en el proceso normal de fabricación de vidrio reduce sensiblemente los costos de producción. (Casco = cada uno de los pedazos de vasija o vaso que se rompe). En términos de aceite combustible y electricidad, sólo en la fabricación, cada 10% de vidrio molido en la mezcla, se economiza un 2,5% de la energía necesaria para la fusión en los altos hornos.

Los cascos de vidrio

Los cascos de vidrio provienen fundamentalmente de dos fuentes: interna y externa. En cada fábrica de vidrio se produce internamente cierta cantidad de casco, que es reutilizado en la propia fábrica sin otro procesamiento adicional, debido a que su calidad y composición es conocida.

El casco de vidrio generado externamente tiene diversas procedencias. La principal fuente de casco de vidrio externo son los propios usuarios y procesadores de todo tipo de productos de vidrio.

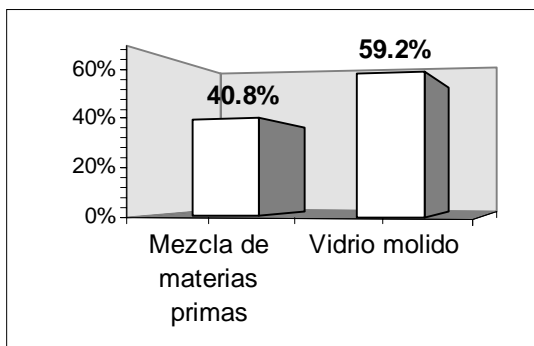
En el caso de los residuos domiciliarios, la situación es muy compleja, no siempre es posible conocer la procedencia y composición química de cada vidrio encontrado. En este caso, la mejor cosa a hacer es separar y clasificar el vidrio por producto, determinando luego su destino correcto.

Algunos procesos de fabricación de vidrio pueden usar sólo el casco de vidrio generado internamente (por ejemplo, el vidrio plano). En otras industrias de vidrio es posible aprovechar una cierta cantidad de casco generado externamente (por ejemplo, envases de vidrio).

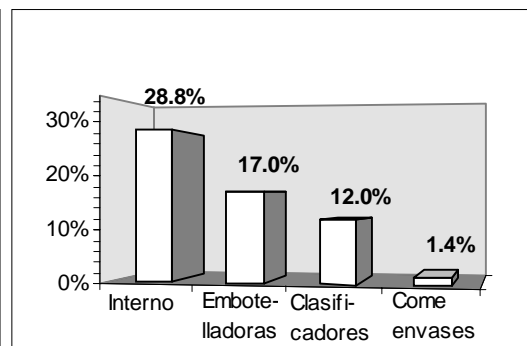
Una de las principales ventajas presentadas por el vidrio, es que este puede ser reciclado infinitas veces para la producción de recipientes, que sirven para envasar los más nobles productos.

FIGURA 2

Materiales usados en la fabricación de vidrio en Uruguay^(a)



Procedencia del vidrio molido utilizado²⁰



(a): datos del único fabricante de envases de vidrio del país.

Otras aplicaciones para el vidrio molido diferentes a envases

- material de relleno;
- material abrasivo;
- materia prima para baldosas cerámicas;
- fabricación de microesferas de vidrio;
- fabricación de lana de vidrio;
- fabricación de fibra de vidrio;
- fabricación de perlitas de vidrio;
- fabricación de espuma de vidrio;
- fabricación de ticholos de vidrio;
- materia prima en la fabricación de asfalto
- aplicaciones artísticas

7 ¿Qué vidrios se encuentran en los residuos sólidos domiciliarios?

El principal tipo de vidrio encontrado en los residuos sólidos domiciliarios es el vidrio de envases. Esos envases de vidrio son: botellas para bebidas alcohólicas, para agua, refrescos y jugos, vasos, jarras, potes y frascos para alimentos.

En los residuos sólidos domiciliarios se encuentra también el vidrio que forma parte o componente de un sin fin de otros productos domésticos, como, por ejemplo, platos, ollas, ensaladeras, aceiteras, televisores, lámparas, entre otros. La composición química de estos vidrios, normalmente, es muy diferente de la del vidrio común, usado en la fabricación de envases y de vidrio plano y, por consiguiente, es muy difícil, o casi imposible, separar y aprovechar el vidrio de estos artículos. En principio, todo este vidrio podría ser reaprovechado. Sin embargo, en la práctica no resulta viable económicamente.

Por lo tanto, la mayor parte del vidrio contenido en los residuos sólidos domiciliarios que se puede reaprovechar, comprende: botellas, frascos, potes y otras vasijas para productos alimenticios, cosméticos, etc.

Envases retornables y reciclables:

- botellas de vidrio ámbar para cervezas;
- botellas de vidrio blanco para refrescos;
- botellas de vidrio verde para refrescos.

Envases reciclables:

- botellas desechables, de vidrio blanco, ámbar y verde, para cervezas y refrescos;
- botellas para jugos y agua mineral;
- frascos y potes para productos alimenticios;
- botellas de vidrio verde y blanco para bebidas alcohólicas y vino;
- frascos para cosméticos y medicinas.

Artículos de vidrio no reciclables*:

- lámparas incandescentes;
- lámpara fluorescentes;
- tubos de televisión;
- vidrios de espejos;
- vidrios domésticos (ollas de vidrio borosilicato y vidrios especiales).

(*)El vidrio de estos artículos puede tener aplicación en algunas de las alternativas mencionadas anteriormente.

8 Mercado del reciclaje y el reuso del vidrio

En general, para los municipios ubicados en la proximidad de fábricas de vidrio, la mejor forma de realizar el reciclaje es la de quebrar los productos de vidrio (botellas, potes, frascos, etc.) y venderlos en forma de casco, directamente a esas fábricas.

Para lograr un mejor precio de venta de ese vidrio quebrado, se debe realizar la entrega del mismo a las industrias luego de limpiarlo (remoción de aros, metales y material inorgánico), y mejor todavía luego de clasificarlo por colores. Por ejemplo en Montevideo, los precios pagados por tonelada de vidrio puesta en la fábrica que lo muele, son de US\$32 para el vidrio color y US\$ 41 para el vidrio blanco²¹.

Los municipios distantes de las fábricas de vidrio, y cuyo costo de transporte puede hacer antieconómica la venta de cascos de vidrio a las industrias tradicionales de envases, pueden venderlo para otras finalidades, como se indica en el Punto 6.

En ciertas ocasiones, el valor de venta puede ser atractivo, en caso de que la industria local esté trayendo de lejos su materia prima. Es común que otras industrias (no vidrieras) desconozcan la utilización del vidrio, previsto en los residuos sólidos domiciliarios, como materia prima.

En el Uruguay²¹, el mercado del vidrio se desagrega en tres vertientes sustancialmente diferentes:

- vidrio recuperado para materia prima de la empresa productora de envases de vidrio;
- botellas y envases con posibilidad de reuso;
- vidrio plano.

El vidrio plano, según ya se mencionó, tiene propiedades de fusión distintas por lo que no es usado en mezclas con el de envases. Ha cerrado recientemente la empresa local productora de vidrio plano, por lo que todo el abastecimiento de este producto a plaza es importado. Sólo se comercializa el vidrio plano roto, en partes relativamente grandes, abasteciendo a un gran número de pequeñas vidrierías que atienden al consumidor final.

Del vidrio para envases, una fracción se deriva a lavaderos para su reuso, pero la mayor parte tiene como destino la fusión para fabricación de nuevos envases.

Tanto en el país como a nivel internacional, existen circuitos de lavado de botellas y recipientes de vidrio para reuso, del mismo u otro destino final. Es una actividad que, considerando envases de vidrio, significa un aprovechamiento de recursos importante. En el medio uruguayo, se realiza en condiciones mayoritariamente informales, lo que significa ausencia de controles sanitarios y de condiciones de trabajo para los operadores de los lavaderos. Cabe considerar que la escala de producción del fabricante de envases y el nivel mínimo requerido para la importación de envases, han implicado el desarrollo del reuso de envases en las bodegas, fábricas de bebidas sin alcohol y de alimentos envasados (pequeñas y medianas empresas).

En el país existe una sola empresa que muele vidrio. También existe un único fabricante de envases de vidrio. Ambas están situadas en Montevideo. Las fuentes más importantes de vidrio para molienda y refusión son las envasadoras de líquidos y alimentos en general, entregando su descarte de envasado. La segunda fuente es el circuito de descarte de los depósitos a los cuales la empresa moledora recurre directamente, y los clasificadores que venden directamente en la planta.

La tercera fuente son los comenvases de un circuito operado desde hace 10 años, en acuerdo entre una organización no gubernamental dedicada a la infancia abandonada y la empresa fabricante de envase de vidrio. La empresa hace todo el servicio pagándole a la organización todo el vidrio que se recoge allí. En el presente el circuito opera con varios inconvenientes: robo del contenido de los comenvases; presencia de todo tipo de desperdicios, lo que implica un costo de clasificación; ubicación inadecuada desde el punto de vista de la descarga; disminución notorio de la publicidad existente en el inicio de la campaña. Los resultados de la recolección son del orden de 550 toneladas al año.

Venezuela cuenta con 70 microempresas de acopio y/o tratamiento de vidrio para reciclar. Existen también programas comunitarios que facilitan el retorno del vidrio para reciclar.

Referencias

- 1 A EMBALAGEM E O MEIO AMBIENTE, 1990, Campinas. Anais... Campinas: CETEA/ITAL, 1990. 1.v.
- 2 AKERMAN, M. A importância do caco de vidro como matéria-prima. Apresentado em el Encontro Técnico da ABIDVIDRO, 10., 1993, São Bernardo do Campo.
- 3 ANTUNES, A. Sistemas de processamento de sucata de vidro para fabricação de embalagens. En: SIMPÓSIO TÉCNICO LATINO AMERICANO SOBRE A FABRICAÇÃO DE VIDRO, 3., 1985, São Paulo. Anais... S.l.: s.n., 1985. v.3.
- 4 ANTUNES, A. Utilização de caco de vidro reciclado. Boletim ATBIAV, v.7, n.58, p.23-29, 1987.
- 5 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA. Anuário brasileiro de cerâmica. S.l., 1994. p.53.12.
- 6 ASSOCIAÇÃO TÉCNICA BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS AUTOMÁTICAS DE VIDRO. Manual de reciclagem de vidro. S.l., 1994. 1.v.
- 7 BISAN, A. Uma instalação simples de tratamento de cacos de vidro. Apresentado em el Encontro Técnico da ABIDVIDRO, 9., 1992, São Paulo.
- 8 CASTRO, A.L.F. A reciclagem do vidro em Brasil. En: SIMPÓSIO TÉCNICO LATINO AMERICANO SOBRE A FABRICAÇÃO DE VIDRO, 3., 1991, São Paulo. Anais... [S.l.: s.n.], 1991, v.3.
- 9 CASTRO, A.L.F. Informações pessoais. São Paulo, 1994.
- 10 CASTRO, A.L.F. Reciclagem de vidro: uma solução para o desenvolvimento sustentável. Apresentado em el Encontro Técnico da ABIDVIDRO, 10., 1993, São Bernardo do Campo.
- 11 COOK, R.F. Glass recycling: developments in the U.K. Apresentado em el SIMPÓSIO TÉCNICO LATINO AMERICANO SOBRE A FABRICAÇÃO DE VIDRO, São Paulo, 1985. v.3
- 12 COOK, R.F. Glass recycling: economics. Apresentado em el SIMPÓSIO TÉCNICO LATINO AMERICANO SOBRE A FABRICAÇÃO DE VIDRO, São Paulo, 1985. v.3.
- 13 COOK, R.F. Glass recycling in Europe. Apresentado em el SIMPÓSIO TÉCNICO LATINO AMERICANO SOBRE A FABRICAÇÃO DE VIDRO, v.3, São Paulo, 1985.
- 14 ROUSE, C.G. A reciclagem de vidro na Europa: sucesso em 20 anos. Projeto Reciclagem, São Paulo, v.1, n.1, p.53-54, jul./ago. 1990.
- 15 ROUSE, C.G. Reciclagem de vidro: uma questão de custo e benefício. Projeto Reciclagem, São Paulo, v.2, n.6, p.28-29, ago./sept. 1991.
- 16 VERMYLEN, M. Glass recycling in western Europe. En: SIMPÓSIO TÉCNICO LATINO AMERICANO SOBRE A FABRICAÇÃO DE VIDRO, 3., 1991, São Paulo, Anais... [S.l.: s.n.], 1991.
- 17 WOLLHEIM, F.P. Qualidade do caco de vidro reciclado. Apresentado em el Encontro Técnico da ABIDVIDRO, 9., 1992, São Paulo.
- 18 WOLLHEIM, F.P. Tratamento de caco de cor de vidro de embalagem. Apresentado em el Encontro Técnico da ABIDVIDRO, 9., 1992, São Paulo.
- 19 OWENS ILLINOIS DE VENEZUELA. Programa de Reciclaje del Vidrio de Owens Illinois de Venezuela. Apresentado em 1^{er} Encuentro municipio y Ambiente. 1991.
- 20 CRISTALERÍAS DEL URUGUAY. Informações pessoais.
- 21 PROYECTO PNUD/URU/91/008, "Clasificación y Reciclo de Residuos Sólidos", Asistencia Preparatoria / Segunda Etapa, IMM, PNUD, Setiembre 1996.

3.4 Metales

1 ¿Qué son los metales?

Los metales, en cuanto a su composición, se clasifican en dos grandes grupos: los ferrosos, compuestos básicamente de hierro, y los no ferrosos. Esta división se justifica por la gran predominancia de uso de los materiales a base de hierro, principalmente el acero. El acero es hierro combinado con carbono, existiendo aceros especiales que contienen otros metales en pequeña proporción.

Los metales son materiales de larga durabilidad, resistencia mecánica y facilidad de moldeo, siendo muy usados en equipos, estructuras y envases en general.

Entre los materiales no ferrosos se destacan: el aluminio, el cobre y sus aleaciones (como el latón - cobre/zinc, y el bronce - cobre/estaño), el plomo, el níquel y el zinc. Los dos últimos, junto con el cromo y el estaño, se emplean más en combinación, en forma de aleación con otros metales o como revestimiento de algunos metales como, por ejemplo, el acero.

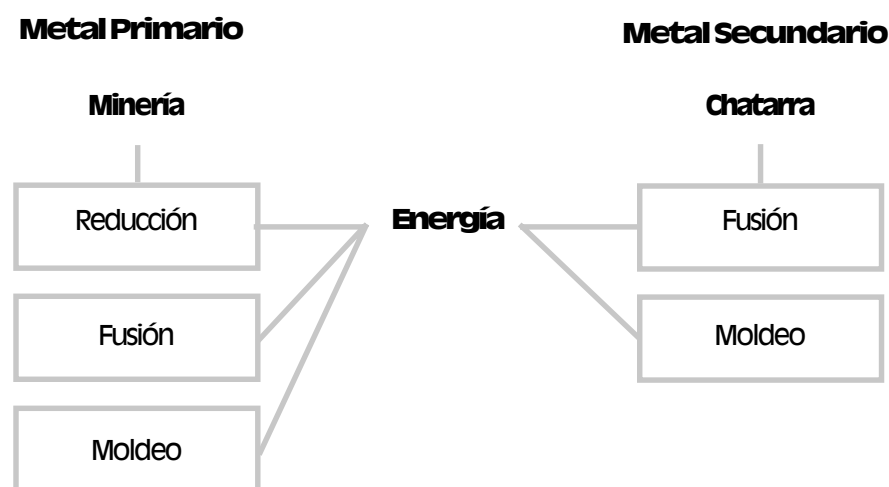
2 Procesos de fabricación de los metales

Son dos los procesos de fabricación: primario y secundario.

En el proceso primario, el metal se obtiene a través de la reducción del mineral al estado metálico por medio de reductores, como el carbón. Este proceso se realiza a altas temperaturas, con un elevado consumo de energía. El metal obtenido se denomina primario.

En el proceso secundario, el metal es obtenido básicamente de la fusión del metal ya usado, denominado chatarra. El consumo de energía es menor, y el metal obtenido se denomina secundario.

FIGURA 1
Etapas en la fabricación del metal primario y del metal secundario



La chatarra, además de llevar ganada la etapa más costosa del proceso primario, la extracción y reducción del mineral al estado metálico, tiene también un valor económico, propio del metal. Este valor es significativo en metales como el aluminio, el plomo, el cobre y, en particular, en los metales nobles: oro, platino y plata.

3 Los metales en los residuos sólidos domiciliarios

La mayor parte de los metales presentes en los residuos sólidos proviene de envases, principalmente de alimentos - las tradicionales latas.

En menor cantidad, se encuentran en los residuos sólidos urbanos metales provenientes de utensilios y equipos desechados (ollas, piezas de electrodomésticos, parrilleras, etc.).

Tipos de latas

- de hojalata (acero revestido con estaño). Ej.: latas de conservas alimenticias;
 - cromadas (acero revestido con cromo). Ej.: latas de aceite;
 - de acero sin revestimiento. Ej.: latas de pintura;
 - de aluminio. Ej.: latas de refrescos y cerveza;
- El revestimiento del acero con materiales como el estaño y el plomo, le confiere mayor resistencia contra la corrosión.

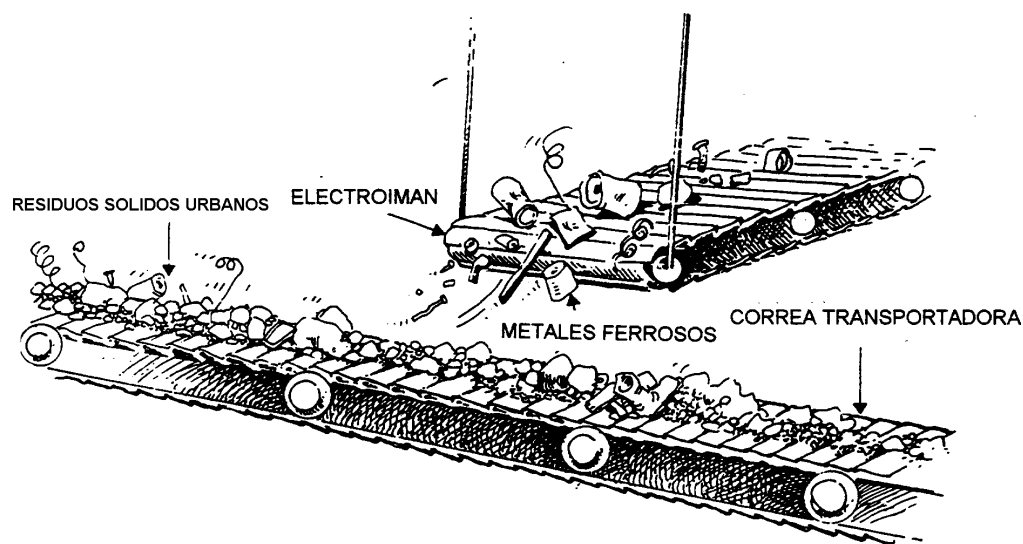
4 El reciclaje de los metales

La gran ventaja del reciclaje de los metales es la de evitar los gastos de la fase de reducción del mineral a metal. Esa fase implica un gran gasto de energía, exige el transporte de grandes volúmenes de mineral e instalaciones costosas, destinadas a la producción en gran escala.

Aunque sea mayor el interés por reciclar materiales no ferrosos, debido al mayor valor de su chatarra, es muy grande la demanda de chatarra de hierro y de acero, inclusive por parte de las grandes plantas siderúrgicas y fundiciones.

La chatarra puede, sin mayores problemas, ser reciclada inclusive cuando está oxidada. Su reciclaje se simplifica por la facilidad de identificarla y separarla, principalmente en el caso de la chatarra ferrosa, para la cual se emplean imanes, debido a sus propiedades magnéticas. Mediante este procedimiento se puede retirar hasta un 90 % del material ferroso presente en los residuos sólidos⁶.

FIGURA 2
Imán para separar el metal de los residuos sólidos



Del mismo modo que para cada uno de los materiales presentes en los residuos sólidos urbanos, la desventaja de reciclar los metales desde allí, está en el hecho de que están mezclados con otros materiales.

Pero aún cuando la chatarra esté separada de los otros tipos de residuos, muchas veces se presenta la necesidad de realizar operaciones complementarias, como la eliminación del aceite, en el caso de virutas resultantes de la fabricación de piezas.

Otra desventaja es que algunos metales de revestimiento utilizados para protección del metal base, deben ser removidos o diluidos antes del procesamiento. Por ejemplo, el estaño de la hojalata puede causar la fractura en caliente del acero durante su procesamiento, cuando está presente en determinadas cantidades.

Luego de la recolección, debido a la gran diversidad de tipos de chatarra de metal presentes en los residuos sólidos domiciliarios, el trabajo de selección debe ser lo más eficiente posible, para que se pueda aprovechar en forma óptima esta chatarra

5 El mercado uruguayo de los metales

En Uruguay¹², como es clásico para estos materiales en todas partes, el mercado de los metales está conformado por una variedad de actores de diverso tipo, los que se describen a continuación:

- una amplia gama de fabricantes de productos, grandes, medianos y pequeños. Entre los primeros se encuentran una empresa del aluminio, que consume unas 200 toneladas/mes de materia prima, de las cuales el 50% es material recuperado (44% del descarte interno y 6% de chatarra comprada fuera de la empresa⁹); una gran empresa productora de plaguicidas cúpricos que consume entre 80 y 100 toneladas/mes de cobre, siendo prácticamente el 70% de la demanda cubierta con cobre recuperado; una empresa líder en el mercado de baterías (acumuladores eléctricos), que consume plomo antimonial proveniente de las baterías usadas; y con respecto a la chatarra de hierro dulce, tenemos la principal empresa, que pertenece a un grupo metalúrgico brasileño, consume para ella y para terceros unas 30 mil toneladas anuales de chatarra de hierro;

- grandes depósitos o almacenes de metales, que habitualmente son empresas de importancia muy vinculadas a los barrios proveedores de chatarra y a las empresas demandantes de estos materiales. Entre ellos hay uno que se destaca pues también es una fundición de metales no-ferrosos, trabaja con plomo, aluminio, cromo, zinc, bronce. Esta empresa exporta metales secundarios, pues hay más metal secundario que lo que procesa el país¹⁰;

- recicladores, entre los cuales, tenemos los grandes ya citados, existiendo además varios otros de menor entidad. Tanto los depósitos de metales como los recicladores, todos reciben todos los metales que luego se intercambian o venden según su especialización;

- proveedores de chatarra. Por un lado están los clasificadores y depósitos chicos, quienes juntan, queman para limpiar, separan, embolsan y venden; por otro lado, los grandes proveedores, que son las empresas estatales de electricidad y comunicaciones, y ofertas coyunturales como vagones ferroviarios, desguase de barcos, automóviles, hierro industrial, etc.; y finalmente existen comenvases de los que se habla más adelante en el reciclaje de latas.

Recolección de metales

Para la comercialización de la chatarra hay organizadas redes complejas de recolección.

No obstante que el destino final de la chatarra sean las fundiciones y las grandes siderurgias, en buena parte su recolección comienza con el recolector de calle. Ese trabajador constituye la base de la red de recolección, que se extiende desde el «hierro viejo» hasta las industrias transformadoras. Este tipo de recolección minuciosa y la relativa facilidad de procesar la chatarra, permite su aprovechamiento en regiones próximas a las ciudades. Eso no es posible con las grandes siderurgias que fabrican el metal primario.

En los residuos sólidos, los recipientes metálicos y otros artículos de metal, están mezclados con materiales de diversa clase. Si esos residuos sólidos se sometiesen a separación magnética, como en general ocurre en las plantas de clasificación o en la recolección selectiva, los materiales ferrosos serían separados con facilidad de los residuos sólidos restantes. Luego de separado, el metal ferroso es compactado en prensas y puede ser comercializado en forma de bultos.

6 El reciclaje de las latas

Es importante notar que los gastos en energía son los predominantes en la producción de metales. En el caso del aluminio, la energía necesaria para el proceso del metal reciclado es 20 veces menor que para el metal primario; para el acero esta relación es de 3,7, aún muy considerable. Estos hechos explican el interés en reciclar por parte de los fabricantes de metal, que son los grandes aliados, e inclusive líderes en las campañas de reciclaje de metales.

En el caso de las latas de aluminio para bebidas, si el proceso de reciclaje es el correcto, con el aluminio que contiene una lata vacía se puede fabricar una nueva. Es más, ese tipo de aluminio no es apto para ser integrado en grandes proporciones a aleaciones para extrusión, por lo que, en el caso de Uruguay, la capacidad de absorción es baja¹².

El éxito con el reciclaje de las latas de aluminio se debe, principalmente, al valor agregado de las mismas. En efecto, la energía usada en el reciclaje de este metal corresponde al 5% de la que se necesita para la producción de aluminio a partir de la materia prima mineral (bauxita)⁵.

CUADRO 1
Consumo per cápita de latas de aluminio (cervezas + refrescos)^{2,11}

País	Latas/año/habitante	
Estados Unidos	375	(1993)
Inglaterra	55	(")
Venezuela	50	(")
México	31	(")
Brasil	10	(")
Uruguay	8	(1995)

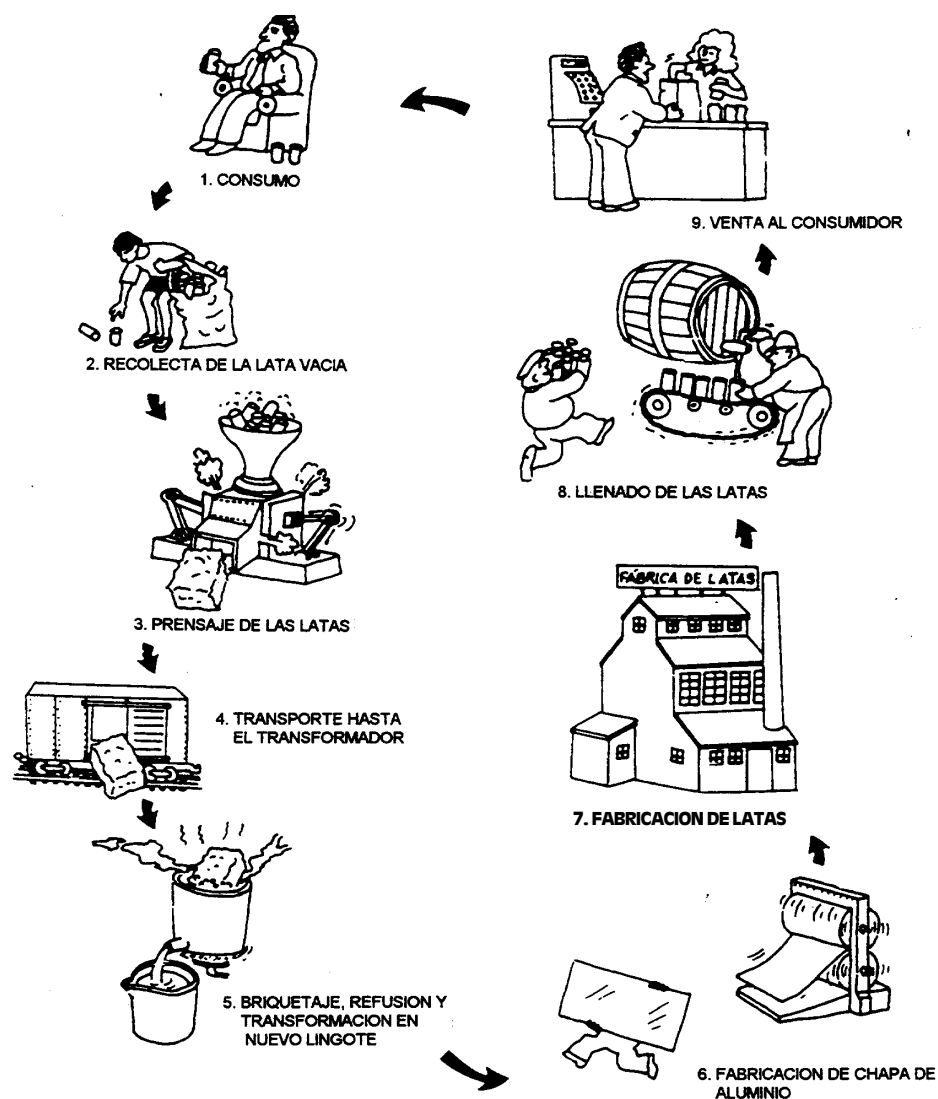
En Uruguay¹², el 100% de las 25 millones de latas de aluminio que se consumen por año son importadas, por lo que no se cuenta con el interés del fabricante por recolectarlas. De todos modos, en Montevideo existen dos iniciativas para recolectarlas. Una de ellas,

es una empresa que instaló unos 31 comelatas en barrios de altos ingresos de la ciudad. Estos comelatas otorgan premios al que tira allí su lata, en una forma similar a las maquinitas de los casinos, con publicidad en cada premio y en el exterior del comelata. Clasifican automáticamente las latas para extraer las que contienen hierro, las compactan y a su vez registran informáticamente una serie de datos. Esta empresa vende la lata de aluminio compactada a las fundiciones.

La otra iniciativa es la de una organización no gubernamental con objetivos de colaborar y educar en la limpieza de la ciudad, la que recibió apoyo financiero para instalar comelatas compactadores, más de 150, en un circuito de recolección. Acordó la recolección con otras organizaciones gubernamentales y la Intendencia Municipal de Montevideo. Finalmente interviene la empresa de aluminio nacional, que es fabricante de latas en Brasil, la que aceptó almacenar las latas compactadas y transportarlas a Brasil de a 20 toneladas. El programa comenzó en agosto del 96, y a junio del 97 llevaban 6 toneladas recolectadas^{9,11}.

En Venezuela se recicla el 82 % del aluminio que se produce, esto los ubica en el cuarto lugar en el mundo como país reciclador de este metal. En Brasil, el reciclaje supera el 50%, valor superior a la media mundial⁴.

FIGURA 3
El ciclo de la lata de aluminio (autorizado - Reynolds Latasa)



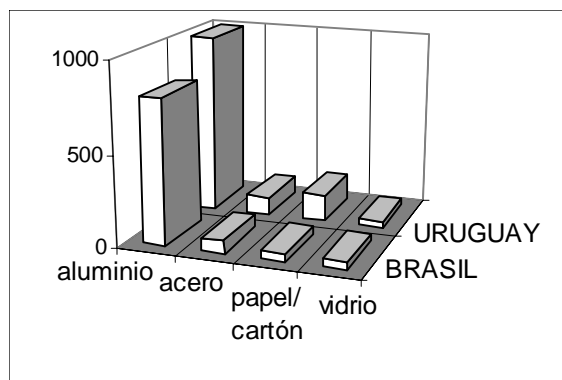
Las latas de acero revestido con estaño, hojalata, principalmente usadas para envasar alimentos, es el material de envase que más fácilmente es recolectado de los residuos sólidos urbanos, debido a que puede ser separado magnéticamente en condiciones sanitarias adecuadas. La importancia del reciclaje de la hojalata se comprende cada vez más, y se están estudiando métodos y desarrollando tecnologías para separar el estaño⁷. En Brasil la recuperación de estas latas está en el 18%¹.

A modo informativo se resume a continuación la información de mercado para varios materiales vistos en apartados anteriores.

TABLA 1
Precios de venta de algunos materiales recuperados en Uruguay - 1996¹²

MATERIAL	Miles de U\$S anuales del mercado	Demanda miles de toneladas/año	Precio medio de la tonelada en U\$S
HIERRO DULCE	1875	31	60
HIERRO FUNDIDO	70	0.7	100
PLOMO BATERÍAS	7800	1.72	4620
LATÓN	420	0.42	1000
BRONCE	120	0.06	2000
COBRE	7000	2.94	2330
ALUMINIO	360	0.36	1000
VIDRIO MOLIDO	600	18	35
PAPEL	6600	44	150
TRAPO LIMPIO	900	1.5	600

FIGURA 4
Comparación de precios medios de ventas entre Brasil y Uruguay^(5,12)



Referencias

- 1 A EMBALAGEM E O MEIO AMBIENTE, 1990, Campinas. Anais... Campinas: CETEA/ITAL, 1992. Parte 1 y 2.
- 2 COUTO, W.S. Reciclagem no Brasil. En: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE RECICLAGEM DE ALUMÍNIO, 1., 1994. Anais... S.I. ABAL, 1994. No paginado.
- 3 COUTO, W.S. Reciclagem no Brasil. En: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE RECICLAGEM DE ALUMÍNIO, 1., 1994. Anais... S.I.: ABAL, 1994. No paginado.
- 4 FILLETI, H. Alumínio y ecología. En: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE RECICLAGEM DE ALUMÍNIO, 1., 1994. Anais... S.I.: ABAL, 1994. No paginado.
- 5 GIOSA, J.R. Reciclagem de latas no Brasil. En: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE RECICLAGEM DE ALUMÍNIO, 1., 1994. Anais... S.I.: ABAL, 1994. No paginado.
- 6 INSTITUTO BRASILEIRO DE SIDERURGIA. Estatística de Siderurgia. [Rio de Janeiro], 1994.
- 7 KARPEL, S. Reciclado de la hojalata: el camino a recorrer. Estaño y sus aplicaciones, London, n.162, p.12-16, 1990.
- 8 TARDELLI, J. Informaciones personales. São Paulo: PROLATA: ABAL, 1994. No paginado.
- 9 ALCAN. Informaciones personales.
- 10 WERBA S.A. Informaciones personales.
- 11 PROLATA, Asociación Civil Centro Uruguay Independiente. Instructivo: "La lata no es basura".
- 12 PROYECTO PNUD/URU/91/008, "Clasificación y Reciclo de Residuos Sólidos", Asistencia Preparatoria / Segunda Etapa, IMM, PNUD, Setiembre 1996.

3.5 Escombros

1 ¿Qué son los escombros?

Escombros son el conjunto de fragmentos o restos de ladrillos, hormigón, argamasa, acero, hierro, madera, etc., provenientes de los desechos de construcción, remodelación y/o demolición de estructuras, como edificios, residencias, puentes, etc.

Podemos identificar, en los escombros que se producen durante una construcción, la existencia de dos tipos de residuos:

- los residuos (fragmentos) de elementos prefabricados, como materiales de cerámica, bloques de cemento, demoliciones localizadas, etc.;
- los residuos (restos) de materiales elaborados en la obra, como hormigón y argamasas, que contienen cemento, cal, arena y piedra.

Los escombros de construcción se componen de restos y fragmentos de materiales, mientras los de demolición están formados prácticamente sólo por fragmentos, teniendo por eso mayor potencial cualitativo comparativamente con los escombros de construcción.

Nota: *argamasa o mortero es la mezcla de cal, arena y agua, que popularmente se conoce como “mezcla”; el hormigón es mezcla de cal, arena, agua y piedra; el cemento es un tipo de cal; el hormigón armado o concreto, es hormigón con una estructura de hierro o acero.*

2 Los problemas planteados con los escombros

Cuando son descartados de las construcciones, como material prácticamente inerte, los escombros, causan problemas por la carga y por su volumen. Al ocupar el lugar de los residuos sólidos domiciliarios, los escombros sobrecargan las operaciones de transporte hacia el relleno sanitario.

De los diferentes destinos clandestinos de los escombros, dos pueden ser bastante problemáticos:

- la descarga en pendientes u otros terrenos inseguros, donde se generan depósitos inestables, que pueden provocar deslizamientos;
- la descarga en tierras bajas, junto a drenajes, o inclusive directamente en el lecho de ríos, donde se puede provocar obstrucción del cauce e inundaciones.

En la ciudad de San Pablo, un levantamiento hecho en 1991, cuantificó 412 sitios con descargas ilegales, evidenciando contraste con el número de 7 áreas municipales disponibles. En Belo Horizonte, en 1993, los números fueron de 134 descargas irregulares contra 15 sitios oficializados para entierro de este tipo de residuo⁵.

Independientemente de las cuestiones relativas al reciclaje o la reutilización, el uso exclusivo de escombros brutos, en vertederos controlados o para la recuperación de terrenos degradados, puede ser considerado como una iniciativa racional mínima en cuanto al destino del escombros.

3 ¿Cuál es la situación mundial?

Los datos disponibles⁴ para evaluar el desperdicio en las construcciones brasileñas, tomando como base investigaciones realizadas en 1989 y 1993, indican que⁴:

- el desperdicio en la construcción corresponde a 20%, en masa, como mínimo, de todos los materiales utilizados en una obra. Valores de 10 a 15% son obtenidos en países europeos;

- la pérdida económica es de 10% del costo total de la obra (por cada 10 pisos de un predio, uno es desperdiciado).

Otros datos:

- en la ciudad de San Pablo, se estima que se generan 2 mil t/día de escombros; para la ciudad de Belo Horizonte la estimativa es de 900 t/día⁵;

- en la ciudad de Campinas⁷, 800 t/día fueron estimadas, a partir de la cantidad de obras habilitadas;

- muestras, extraídas en vertederos de los Estados Unidos¹, indicaron que la cantidad de escombros ha sido de 25 a 30% del total de residuos enterrados;

- un estudio de 1990, llevado a cabo en siete países europeos, indicó una media de 450 kg/año por habitante, de escombros generados, con grandes variaciones, que van de 110 kg en Irlanda a 750 kg en Bélgica y Dinamarca¹.

La situación uruguaya respecto a los escombros es poco conocida en cuanto a datos de generación. No hay reciclaje alguno de los escombros. En general son bien recibidos en los vertederos municipales para las vías internas de los mismos. Las empresas que ofrecen el servicio de contenedores intercambiables de gran capacidad, popularmente llamados *volquetas*, cobran el servicio y venden el escombros para rellenos de terrenos. Hay problemas del mal uso del vecindario con las volquetas, en tanto que se vierte allí todo tipo de desechos, impidiendo que puedan usarse para rellenos⁸.

4 ¿Cómo tratar los escombros municipales?

La implantación de un sistema para el uso/disposición racional de los escombros municipales debe comenzar por un estudio en el que se evalúen:

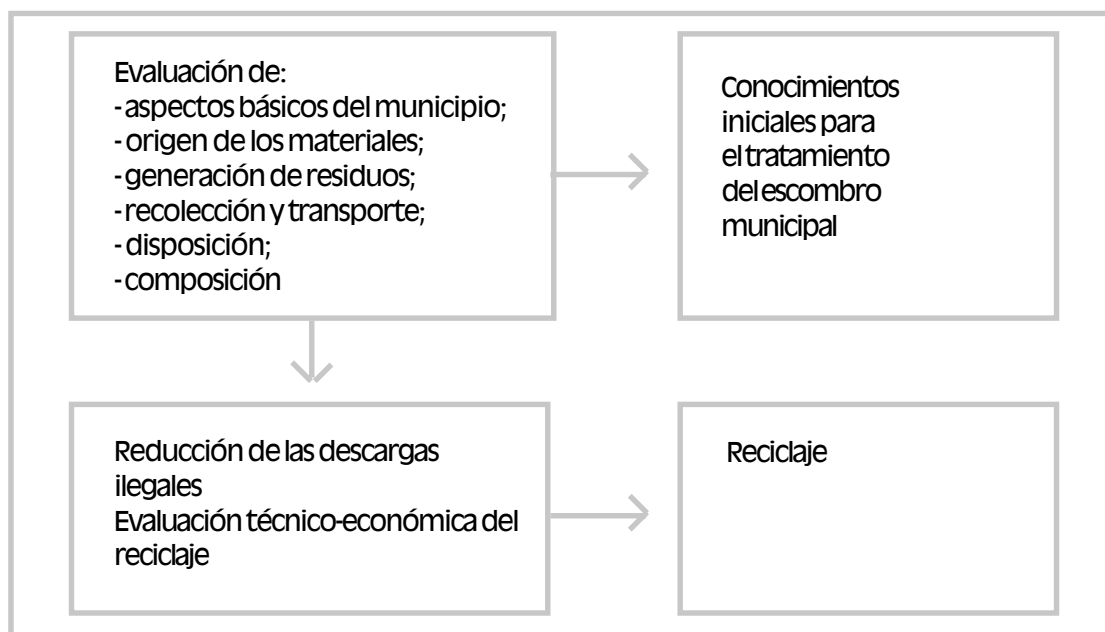
- aspectos básicos del municipio;
- origen de los materiales;
- generación de los residuos con análisis del sector generador, localización geográfica, cuantificación de la generación;
- recolección y transporte;
- disposición final;
- composición.

El estudio debe, además de los objetivos implícitos, ayudar a responder preguntas de los técnicos municipales, en cuanto a la posibilidad de reciclaje bajo diversos aspectos, tales como:

- ¿el reciclaje va a disminuir la cantidad de vertederos ilegales?
- ¿cuánto representa el volumen de material reciclado para la preservación de las fuentes naturales de arena y piedra?
- ¿el producto del reciclaje conserva su calidad a lo largo del tiempo, para el uso previsto?
- ¿los costos financieros (equipo y personal) son compatibles con la actividad?

La decisión de reciclar debe formar parte, por lo tanto, de un contexto amplio de variables. Hay, inclusive, otros factores a tomar en cuenta - externos a la cuestión del reciclaje municipal - como, por ejemplo: la importancia de la reducción del alto desperdicio en la construcción, o también, el incentivo a la reutilización/reciclaje, dentro del propio local generador.

Resumen de los aspectos iniciales del tratamiento de los escombros urbanos:



5 ¿Qué se puede hacer con los escombros?

- Reaprovechamiento en la obra: parte de los escombros de una construcción normalmente se utilizan de nuevo en la propia obra para llenar zanjas, contra-pisos, etc.;

También existe la posibilidad del reciclaje de los escombros en el propio local generador. Los fragmentos y restos de material cerámico, concretos y argamasas pueden ser reutilizados, luego de ser triturados con equipo apropiado, en argamasas para la propia construcción generadora de escombros.

Ventajas

- el reciclaje de los escombros urbanos puede representar ventajas socioeconómicas, si va acompañado por una serie de medidas, como la reducción o eliminación de descargas ilegales, pues la limpieza de estas áreas tiene costos importantes, (para Brasil US\$ 10,00/m³)⁶;
- se estima que las actividades finales (selección y trituración) de reciclaje de escombro, por ejemplo en Brasil, giran en torno a los US\$ 2,50/m³, mientras que el costo para una arena común es de US\$ 6,50/m³ (solamente extracción, sin transporte para la obra)⁵;
- un relleno de inertes para los escombros alivia los vertederos tradicionales y permite gestionar adecuadamente el reaprovechamiento de los escombros, como material reciclado o no;
- existen ventajas importantes de carácter ecológico, puesto que los escombros reciclados sustituyen a los agregados tradicionales provenientes de reservas naturales que, muchas veces, son devastadas en la actividad de extracción.

Desventaja

- El reciclado de los escombros urbanos posee, potencialmente, una calidad inferior al agregado tradicional, y principalmente, puede tener características muy variables de un lote a otro, debido a la heterogeneidad de los residuos, justificando la utilización de los agregados reciclados en hormigón y argamasas no estructurales.

6 ¿ Cuáles son los procesos y productos ?

Materiales reciclables

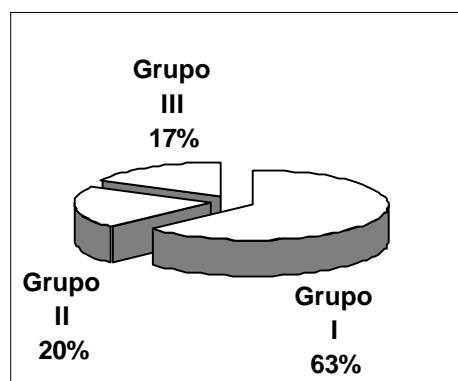
Los materiales encontrados predominantemente en los escombros, que son reciclables para la producción de agregados, pertenecen a dos grupos:

Grupo I - materiales compuestos de cemento, cal, arena y piedra: hormigón, argamasas, bloques de concreto;
Grupo II - materiales cerámicos: tejas, tubos, ladrillos, baldosas.

Un tercer grupo de escombros no reciclables para agregado de construcción, está compuesto por materiales como: tierra, yeso, metal, madera, papel, plástico, materia orgánica, vidrio y espumaplast[®]. De esos materiales, algunos pueden ser seleccionados y encauzados para otros usos. Así, los embalajes de papel y cartón, madera (combustible), y el mismo vidrio y el metal pueden ser recogidos para reuso o reciclaje.

La composición de los escombros depende de varios factores como, por ejemplo⁷, las características regionales (geológicas y morfológicas); hábitos y costumbres de la población; nivel económico, etc. Tomando como referencia la ciudad de Campinas, en Brasil, los análisis efectuados en 10 muestras de escombros arrojaron los valores porcentuales expresados en la Figura 1, para los grupos anteriormente definidos⁷.

FIGURA 1
Composición media de los escombros de Campinas, San Pablo (en masa)⁷



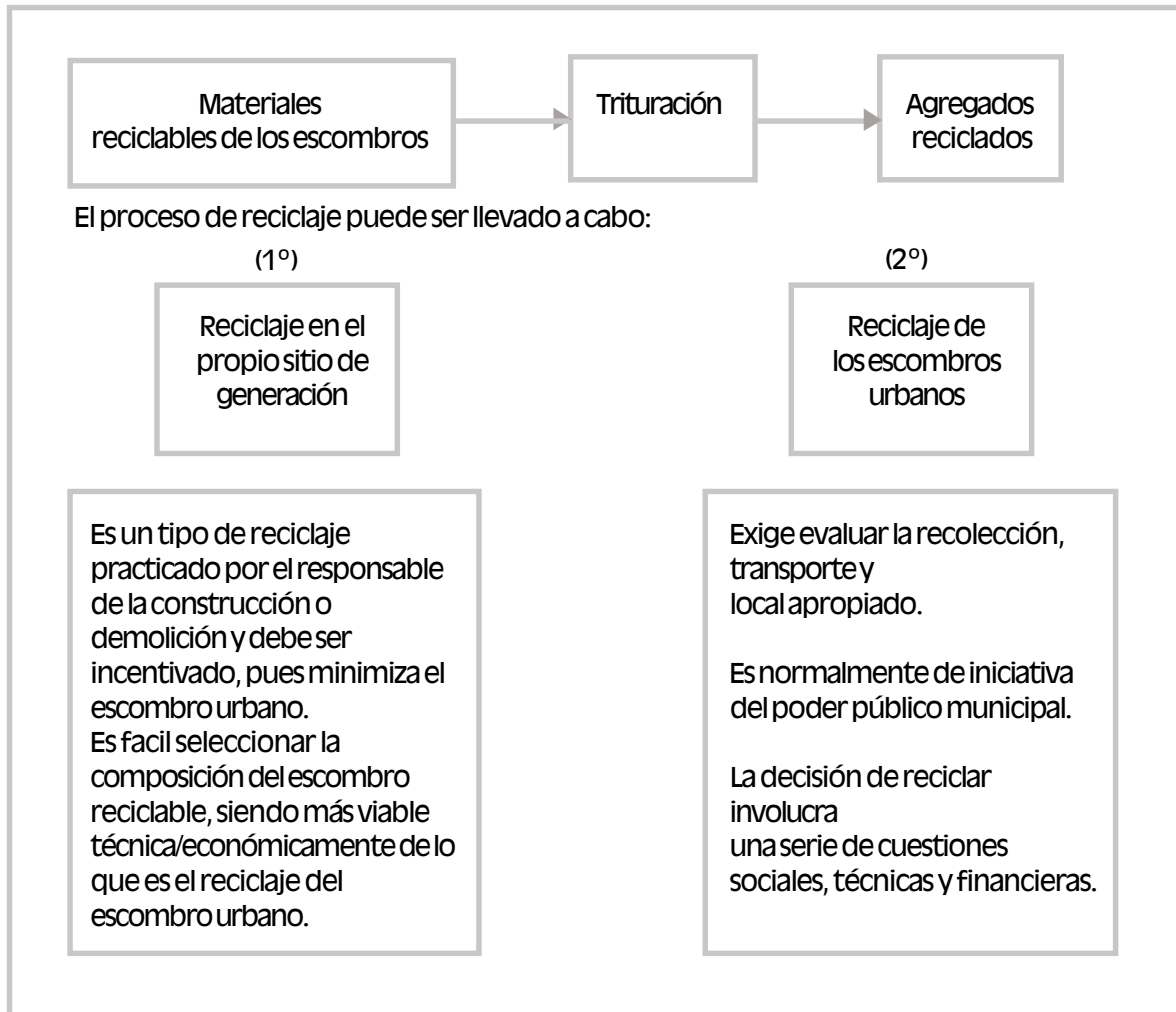
Grupo I: hormigón, argamasa y bloques de hormigón (63%);

Grupo II: tejas, tubos, ladrillos y baldosas (20%);

Grupo III: residuos no reciclables como agregado: tierra, yeso, metal, madera, papel, plástico, materia orgánica, vidrio y otros (17%).

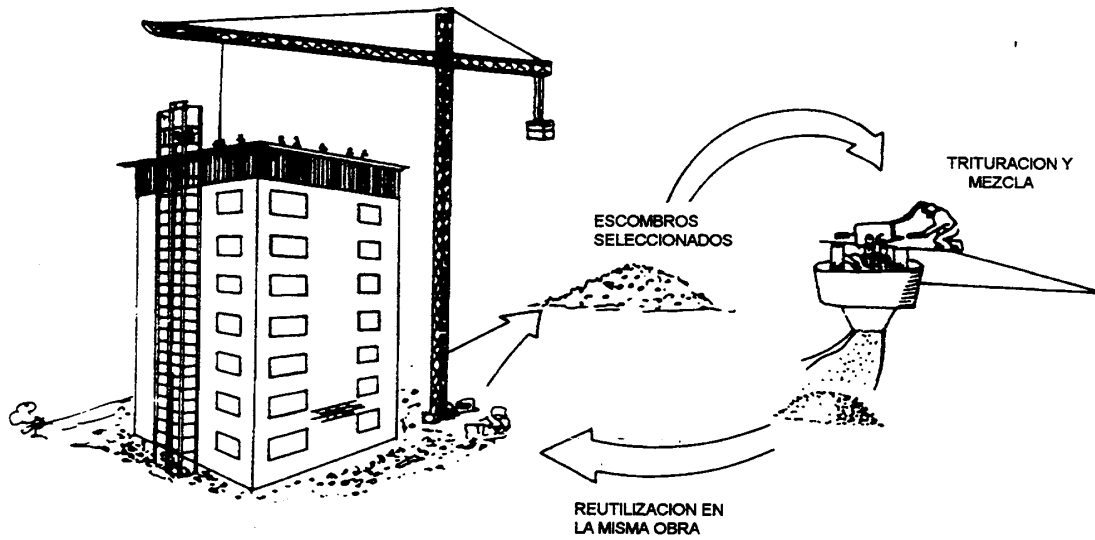
Nota: En los Estados Unidos, dos tipos más de escombros tienen metodología de reciclaje específico para el reaprovechamiento: el pavimento asfáltico y la madera. En las referencias 1 y 2 se podrán obtener mayores detalles sobre estos dos tipos de reciclaje.

Procesos

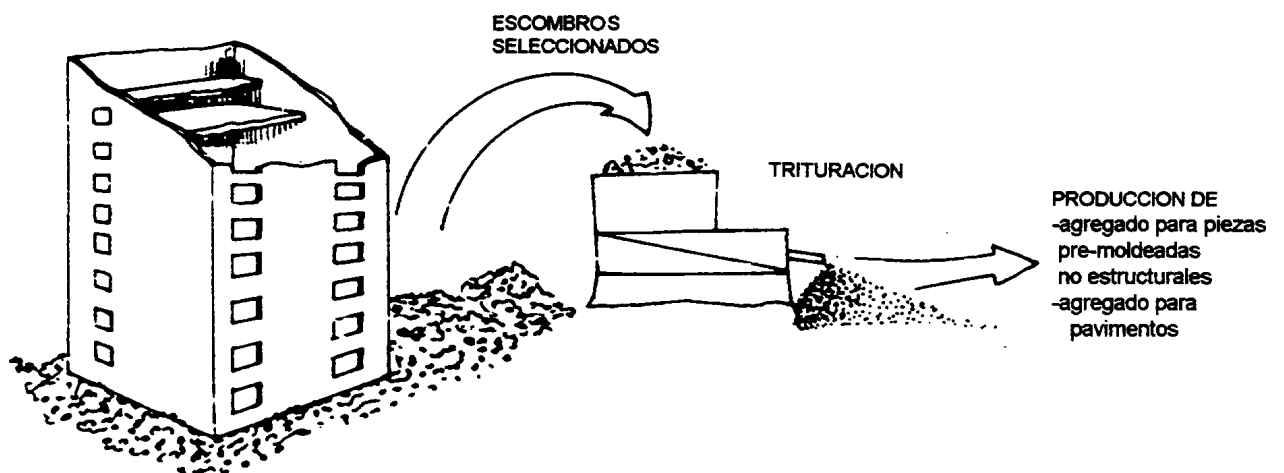


Reciclaje en el propio sitio de generación de los escombros

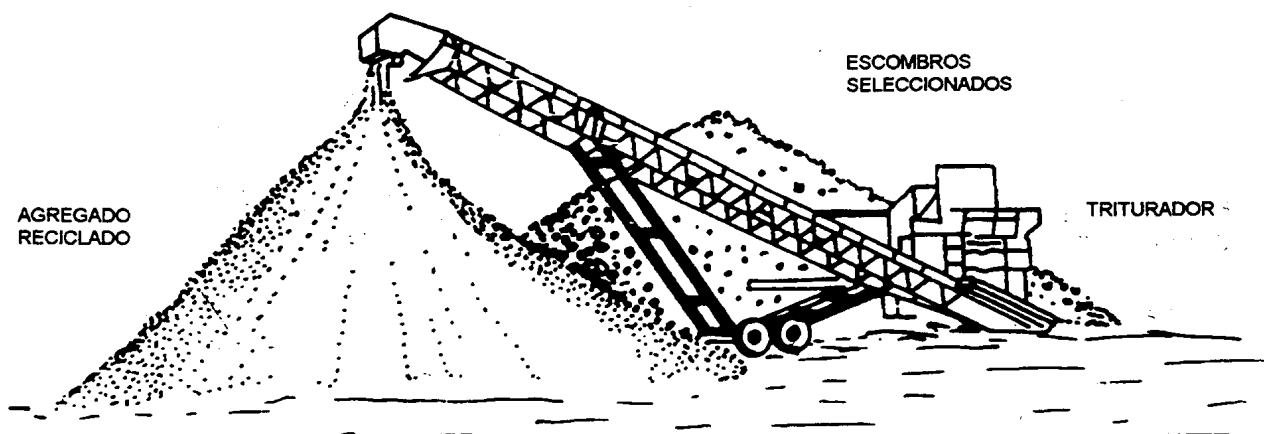
**FIGURA 2
Construcción de una edificación**



**FIGURA 3
Demolición de una estructura**

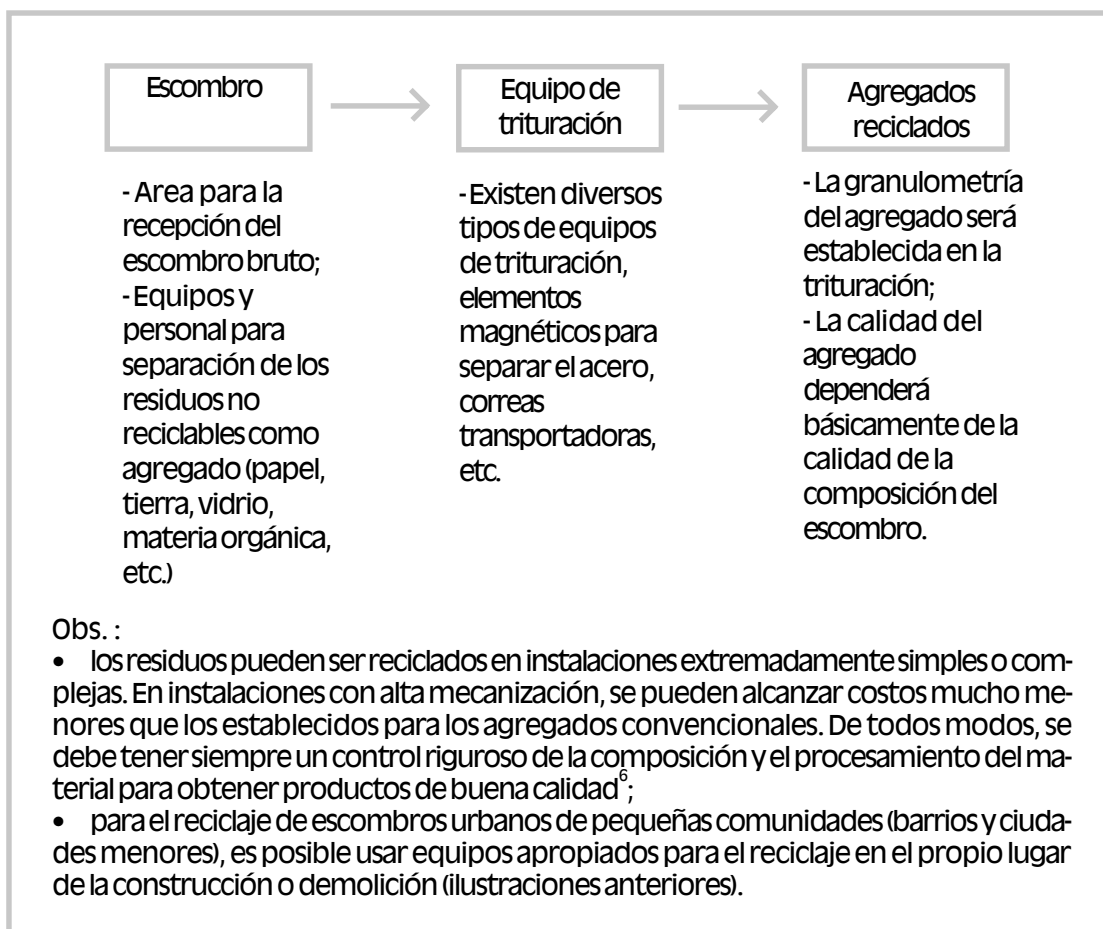


**FIGURA 4
Reciclaje en lugar distante al de la generación del escombro**



7 ¿Cómo implementar un sistema municipal de reciclaje?

La instalación necesaria para el reciclaje de escombros consta esencialmente de espacios y equipos para la selección, trituración y clasificación de los materiales⁶.



El reciclaje en San Pablo, Santo André, Belo Horizonte, Estados Unidos^{6,5}:

- la prefectura municipal de San Pablo, implantó en 1991, la primera planta de reciclaje de escombros en el hemisferio sur, utilizando agregados reciclados para la preparación de sub-base de pavimentos, en aproximadamente 100 km de vías públicas;
- la prefectura municipal de Santo André desarrolló un proyecto para reciclaje de 30 m³ de residuos, con producción simultánea de componentes de construcción (4 mil bloques/día);
- en Belo Horizonte la meta era generar, en el año 1994, 120 t/día de material reciclado, para uso en servicios públicos diversos;
- en los Estados Unidos², una instalación de reciclaje próxima a Trumbull, Connecticut, en un área de 4,5 acres, comenzó sus operaciones en 1988, y en 1991, procesó aproximadamente 300 mil t/día de escombros de hormigón, asfalto, bloques y ladrillos. Los equipos incluyen triturador, correas transportadoras, imanes y una unidad portátil de energía eléctrica. El costo estimado de la instalación fue de US\$ 1.000.000⁵.

Con un costo de US\$ 2,50 por tonelada de escombros, el agregado reciclado es vendido a US\$ 7,00/t, lo cual es ventajoso, cuando se compara con los US\$ 20,00/t de un agregado natural en Brasil (valores sin incluir transporte del material).

El material reciclado puede usarse directamente como agregado, o mezclarse con cemento para producir hormigón.

8 Calidad de los agregados reciclados

En el reciclaje de escombros de construcción - cerámicas, arena, piedra y concretos - se debe tener presente que la calidad de los agregados obtenidos puede ser muy variable e inferior a la de los agregados convencionales.

En el ámbito de aplicación de las normas técnicas tradicionales de agregados para hormigón, los agregados reciclados pueden no satisfacer algunos valores límite especificados, principalmente si proceden de materiales cerámicos⁵.

Por esas razones, se recomienda utilizar el agregado reciclado solamente en elementos no estructurales, como, por ejemplo, en:

- bloques de hormigón de ventilación;
- sub-base de pavimento;
- guías y cunetas;
- otros usos: revestimiento, asentamiento, etc.

El uso de agregados reciclados en hormigones de mayor capacidad resistente, destinados a elementos planos como pisos, pavimentos etc., puede ser viable en los casos de residuos de demolición de estructuras de hormigón, donde es posible, por el conocimiento técnico de la obra a ser demolida, planificar la reutilización y reciclaje.

Existen limitaciones para el uso general del agregado reciclado, cuando se compara con el agregado tradicional, pero existen también otros aspectos positivos, que pueden ser explotados. Por ejemplo, los residuos cerámicos, que, por un lado, pueden no tener la resistencia deseada, sin embargo, una vez pulverizados, presentan propiedades interesantes de plasticidad y retención de agua: factores importantes para revestimientos y asentamientos. Pueden, inclusive, presentar propiedades puzolánicas, lo cual podría ser un factor de reducción del consumo de cemento y/o cal.

Debido a que la atención sobre el reciclaje de los escombros es muy reciente, es comprensible que la normativa adecuada vaya a exigir algún tiempo, antes de ser establecida, lo que el conocimiento técnico cualitativo del agregado reciclado para quien participa en el proceso de reciclaje es imprescindible.

En la fase de trituración de los escombros, se debe controlar un elemento importante del agregado reciclado: la granulometría, que deberá ser adecuada a la finalidad establecida. El agregado reciclado podrá utilizarse como arena y/o piedra picada.

Deben realizarse en laboratorio mezclas experimentales, semejantes a las realizadas tradicionalmente para hormigón y mezclas con materiales convencionales, con varias proporciones de materiales, mezcla con materiales convencionales, estudios comparativos, etc.

Referencias

- 1 APOTHEKER, S. Managing construction and demolition materials. Resource Recycling, Aug. 1992.
- 2 DONOVAN, C. T. Construction and demolition waste processing: new solutions to an old problem. Resource Recycling, Aug. 1991.
- 3 GUERRA, E.A. et al. Utilização de agregado cerâmico. Apresentado en la REUNIÃO ANUAL IBRACON, 1990, Fortaleza.
- 4 JOUCHELEVICH, R. Estudo revela desperdício na construção. Folha de São Paulo, 20 mar. 1994.
- 5 PINTO, T.P. Reciclagem de resíduos de construção e possibilidades de uso de resíduos reciclados em obras públicas. Apresentado en el SEMINÁRIO RECICLAGEM DE RESÍDUOS PARA REDUÇÃO DE CUSTOS NA CONSTRUÇÃO HABITACIONAL, 1994, Belo Horizonte.
- 6 PINTO, T.P., LIMA, J.A.R. Industrialização de componentes a partir da definição de uma política de reciclagem de resíduos da construção urbana. En: SIMPÓSIO IBERO-AMERICANO SOBRE TÉCNICAS CONSTRUTIVAS INDUSTRIALIZADAS PARA HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL, 3., FÓRUM BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA-HABITAÇÃO, 1., 1993, São Paulo. Anais... São Paulo: IPT, 1993.
- 7 SILVEIRA, G. T.R. Metodologia de caracterização dos resíduos sólidos, como base para uma gestão ambiental. Estudo de caso: entulhos da construção civil em Campinas. Campinas. 1993 (Dissertação de mestría ante la UNICAMP).
- 8 BIMSA. Informaciones personales.

3.6 Otros Materiales

En los residuos sólidos municipales existen ciertos materiales que, aunque presentes en cantidades muy pequeñas, en comparación con el conjunto formado por materias orgánicas putrescibles, papel, vidrio, plástico y artículos de metal, merecen una atención especial, debido a los problemas de salud y de impacto ambiental que pueden causar.

Dentro de estos materiales están los neumáticos, las baterías y pilas, las lámparas fluorescentes y los residuos contenidos en envases de materiales de limpieza, insecticidas, herbicidas, cosméticos, tintas y medicamentos, que son liberados cuando se destruyen los envases que los contienen.

1 Neumáticos

El neumático presenta una estructura compleja, y está formado por diversos materiales, como goma, acero y tejido de poliamida o poliéster, que le confieren las características necesarias a su función y seguridad.

Los neumáticos usados pueden ser simplemente **desechados**, o destinados al **reuso** o **reciclados**¹.

Se debe notar que la separación de los materiales que componen un neumático en sus componentes originales es difícil. Por tal motivo, un enfoque de reciclaje de estos materiales debe considerar la mejor manera de aprovecharlos en conjunto.

Entre los problemas que pueden causar los neumáticos al ser desechados pueden citarse contaminación de ríos y lagos, ocupación de grandes espacios en los vertederos, o amontonamientos en terrenos baldíos, con riesgo de favorecer la proliferación de insectos e incendios. Sin embargo, el principal problema es la pérdida de esta «materia prima», como se verá a continuación.

El fenómeno es mundial siendo función de la flota de vehículos de cada país. Por lo que en los Estados Unidos, Japón y algunas naciones de Europa, los problemas son más acentuados.

En Uruguay no se dispone de estadísticas confiables sobre el destino de los neumáticos usados, pero a medida que vaya creciendo la flota de vehículos, el problema será cada vez más grave, especialmente en las ciudades grandes y medianas.

La dispersión geográfica y los altos costos de transporte, debido al gran volumen ocupado por este tipo de desecho en su estado natural, impiden su recolección y aprovechamiento en grandes cantidades.

El descarte de neumáticos

Apilamiento de neumáticos desechados

La práctica de amontonar cubiertas usadas en lugares abiertos se da hasta en los países del primer mundo. Sin embargo, en países con clima más cálido, este procedimiento es peligroso a causa de la acumulación de agua en el interior de las mismas, lo que propicia la proliferación de insectos transmisores del dengue, fiebre amarilla y encefalitis.

Se recomienda entonces que las pilas sean cubiertas para evitar la entrada de agua o, por lo menos, que los neumáticos sean agujereados para facilitar el drenaje².

Otro problema común es el riesgo de incendio. Las pilas de neumáticos se queman con más facilidad, produciendo una densa humareda negra y, como subproducto, un material aceitoso que contamina el agua del subsuelo.

Esto debe tenerse en cuenta para informar a la población, en función de que la quema de cubiertas es una costumbre arraigada para varios fines, entre ellos, la protección de cultivos de las heladas y protestas callejeras¹⁴.

Entierro

El desechar neumáticos enteros en vertederos no es adecuado. Se observó que las cubiertas depositadas en los rellenos sanitarios tienden a subir y salir a la superficie¹¹.

Por tal motivo, a falta de otra solución, se recomienda que las cubiertas después de recolectadas de las gomeras y depósitos, sean cortadas, antes de ser depositadas en los vertederos.

El reuso de los neumáticos

La situación ideal para el reuso de los neumáticos es el recauchutaje múltiple - cuando la misma armazón es aprovechada por lo menos dos veces. La banda de rodadura vieja, desgastada, se elimina raspándola, y sobre la armazón se coloca una banda nueva. Luego de la vulcanización, el neumático recauchutado deberá tener la misma duración que el nuevo. La economía del proceso favorece el recauchutaje de los neumáticos más costosos, como los de transporte (camión, autobús, avión), ya que en este sector los costos son mejor monitoreados.

El reciclaje de los neumáticos

En la ingeniería civil

El uso de llantas de caucho en la ingeniería civil conlleva diversas soluciones creativas en aplicaciones bastante diversificadas, tales como, señalamiento de los costados de carreteras, como elemento de contención en parques y terrenos de juego, rompeolas, obstáculos para el tránsito y, asimismo, arrecifes artificiales para la cría de peces y mariscos.

Por ejemplo, hay referencias en Uruguay, en Punta Gorda de Carmelo, de neumáticos que están en el agua, que por el tipo de marca de los mismos se deduce que han de estar allí desde los años 50¹⁴.

Existen proyectos para la construcción de rellenos sanitarios considerando la estabilización del manto impermeable con una estructura de cauchos amarrados entre sí¹³. Generalmente, lo que limita estas aplicaciones es la poca información, ya que el material que está disponible, es barato y muy resistente a la acción del tiempo.

En la regeneración de la goma

El proceso de regeneración de la goma implica la separación de la goma vulcanizada de los demás componentes, y su digestión con vapor y productos químicos, como álcalis, mercaptanos, aceites minerales. El producto de esta digestión es refinado en molinos hasta la obtención de un manto uniforme, o extrudado para obtener un material granulado.

Ningún proceso conocido desvulcaniza totalmente la goma y el material resultante presenta características inferiores a las del compuesto original. Otro problema observado es que el material regenerado resulta de una mezcla de los elementos presentes en el neumático, con composición indefinida. A pesar de no ser utilizada para cubiertas radiales, la goma regenerada se usa en compuestos destinados a productos con menor exigencia en cuanto a desempeño, tales como alfombras, protectores, suelas de calzados, neumáticos industriales y para bicicletas.

La molienda del neumático en partículas finas permite el uso directo del residuo de goma en aplicaciones semejantes a las de la goma regenerada.

La reciente conquista del mercado por parte de las cubiertas radiales, con el doble de duración respecto a las convencionales diagonales, propició una reducción del costo de las materias primas (goma natural y sintética), reduciendo la rentabilidad de los productores de goma y de la industria petroquímica, provocando un menor reaprovechamiento de la misma.

La única fábrica de neumáticos uruguayo todavía mantiene algún tipo en el que es posible el reciclaje parcial de la goma. Esta operación tiene un alto costo de energía y

según etapas los precios de las materias primas originales son inferiores a los costos operativos. Las cubiertas que tienen acero no se reciclan¹⁴.

En la generación de energía

El poder calorífico de fragmentos de neumático equivale a la del aceite combustible, y gira por los 40 MJ/kg. El poder calorífico de la madera está por los 14 MJ/kg.

En los Estados Unidos, casi un 30% del total de 275 millones de neumáticos desechados se queman en hornos, ya proyectados para optimizar esta quema. La tecnología desarrollada permite la quema de combustible sólido en el centro del horno. Las ventajas de alimentar un horno de cemento con residuos de neumáticos, incluyen la posibilidad de usar el neumático entero, inclusive la tela de acero, que le añade hierro al cemento.

En fábricas de celulosa y papel, los neumáticos también pueden usarse como combustible, pero el acero debe ser removido. El empleo de la tecnología adecuada permite la utilización de los neumáticos como combustible, con niveles de emisión comparables a los de hornos convencionales.

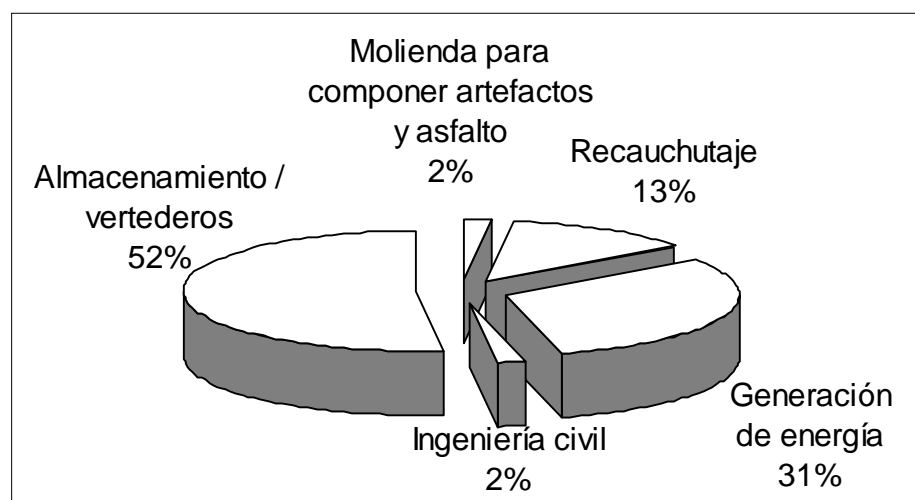
En el "asfalto modificado con goma"

Esta aplicación ha recibido un gran apoyo por parte del gobierno norteamericano, que pretende aumentar el reciclaje de cauchos usados, incentivando su incorporación al asfalto empleado en la pavimentación de carreteras.

El proceso supone la incorporación de la goma en pedazos o en polvo. A pesar de su mayor costo, el agregado de neumáticos al pavimento puede hasta duplicar la vida útil de la vía. Eso se debe a que la goma le confiere al pavimento mayores propiedades de elasticidad ante las variaciones de temperatura. El uso de goma también reduce el ruido de los vehículos que transitan por la vía. Por todas estas ventajas, y también para disminuir el almacenamiento de neumáticos viejos, el gobierno norteamericano exige que el 5% del material usado para pavimentar las carreteras federales sea de goma molida. En el Estado de California se pavimentaron 25 carreteras con 1,7 millones de neumáticos. Vale notar que en los estados del sur de los Estados Unidos es donde más se observa las ventajas de elasticidad en el uso de asfalto modificado con goma.

La Figura 1 muestra el destino de los neumáticos usados⁷ en los Estados Unidos, de un total de 240 millones de unidades disponibles anualmente.

FIGURA 1
Destino de los neumáticos usados en los Estados Unidos *



(*) Environmental and Energy Study Institute - Washington, 1993.

En la fabricación de nuevos materiales

Diversos procesos de pirólisis de neumáticos, a nivel piloto, se están ensayando, principalmente en los Estados Unidos, Japón y Alemania, con el objetivo de transformar los hidrocarburos presentes en los neumáticos en nuevos materiales, como aceite y negro de humo¹⁰.

Gestión del problema de las cubiertas viejas

La cuestión de los neumáticos usados debe ser gestionada tomando en cuenta su cantidad y la existencia de mercado para su destino.

Siempre que sea posible, se debe impedir su almacenamiento en condiciones que puedan permitir la proliferación de insectos a partir de agua acumulada en las cubiertas. Se debe también impedir su quema al aire libre, al igual que su lanzamiento a ríos y lagos. Es fundamental orientar al comercio, las gomerías e inclusive los depósitos sobre estos peligros. En acción conjunta con las autoridades ambientales, se debe incentivar el almacenamiento de cubiertas usadas en condiciones adecuadas, y buscar un mercado para su utilización, tanto con miras a la producción de artículos hechos con goma, como una eventual quema en hornos de cal y cemento, donde haya posibilidad de transporte, pudiéndose, por ejemplo, facilitar la instalación de equipos para la reducción del volumen (molienda en trozos menores).

2 Pilas/baterías

La pila es un minigenerador portátil, que transforma energía química en eléctrica³. Pueden presentarse bajo diversas formas (cilíndricas, rectangulares, botones), según la finalidad a la cual se destinan.

Las pilas se clasifican de acuerdo con sus sistemas químicos, y en cada uno de ellos puede haber más de una categoría. Las categorías son señaladas por letras, que normalmente vienen impresas en las pilas. Además de eso, las pilas pueden dividirse en primarias y secundarias, estas últimas recargables.

La Tabla 1 muestra la clasificación de las pilas de acuerdo con sus sistemas químicos y sus aplicaciones. Las pilas de zinc-carbón fueron las primeras en ser lanzadas al mercado (hacia 1900), y todavía son de uso común en la actualidad.

	Tipos de pila	Código	Uso común
PRIMARIAS	Zinc-carbón	-	Propósitos generales
	Alcalina de manganeso	L	Propósitos generales
	Litio	C	Relojes y equipos fotográficos
	Óxido de mercurio	N, M	Aparatos auditivos y equipos fotográficos
	Óxido de plata	S, P	Relojes electrónicos y calculadoras
	Zinc-aire	A, P	Aparatos auditivos
SECUNDARIAS	Níquel-cadmio (recargables)	-	Herramientas electroportátiles sin cable y propósitos generales.
	Plomo-ácido (recargables)	-	Electroportátiles, juguetes, etc.

Hasta 1985, todas las pilas mencionadas en la Tabla 1, excepto las de litio, contenían mercurio metálico en proporciones variables: de 0,01% en las de zinc-carbón, a 30% en las de óxido de mercurio, y en las otras 1%².

En la actualidad, la tendencia es disminuir el mercurio presente en las pilas. Por ejemplo, para las pilas brasileras de zinc-carbón y alcalinas, en 1994, los niveles de mercurio estaban en 0,006% y 0,025% respectivamente como valores medios¹, contra valores de 0,01% y 0,8% para 1980. En Japón ya se consiguió, en 1993, reducir a 0 la presencia de mercurio en las pilas alcalinas³.

El mercurio, en las pilas, cumple la función de almacenar las impurezas contenidas en las materias primas, impurezas generadoras de gases que pueden perjudicar el funcionamiento y la seguridad de la pila.

El mercurio no es el único elemento tóxico que se encuentra en las pilas. Según su naturaleza, pueden contener zinc, plomo y cadmio. Este último está presente en las pilas recargables de níquel-cadmio.

La Asociación Europea de Fabricantes de Pilas - EUROPILE, que agrupa a 12 fabricantes significativos, publicó en abril de 1991 un documento en el cual toman posición en el asunto. En el mismo, se dan las siguientes directrices²:

- 1ª reducir el nivel de sustancias potencialmente peligrosas presentes en las pilas hasta los valores más bajos que la tecnología pueda conseguir;
- 2ª alentar la recuperación de sustancias peligrosas contenidas en las pilas, donde la reducción no es técnicamente posible.

Las pilas que entran en la segunda categoría son las de:

- óxido de mercurio;
- níquel-cadmio (recargable);
- plomo-ácido (recargable).

Además, según EUROPILE:

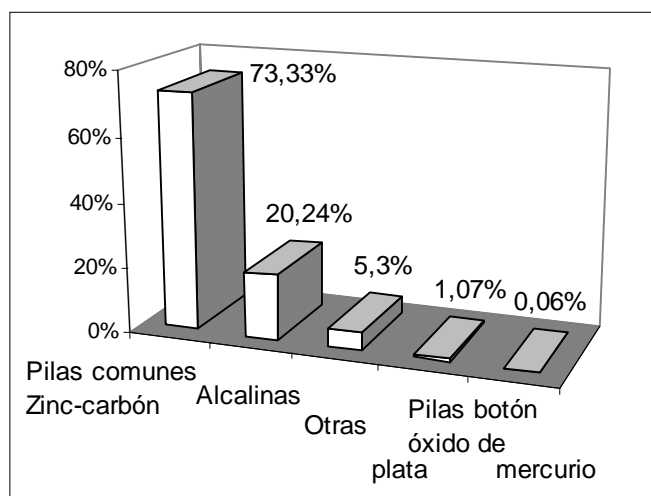
- concentrar la recolección y reciclaje a los tres tipos de pilas recientemente mencionados tiene sentido, porque esos contienen básicamente todos los materiales peligrosos presentes en las pilas;
- la restricción de la recolección a esos tipos de pilas mejora la eficiencia de la recolección misma, simplifica los requisitos de separación de las pilas, maximiza la recuperación, simplifica la tecnología de recuperación y minimiza los costos, además de aumentar el valor de los materiales recuperados;
- recolectar y reciclar otros tipos de pilas no trae beneficios, porque esos no contienen cantidades significativas de materiales peligrosos, y los otros componentes tienen bajo valor comercial, en relación al costo que implica su recuperación.

Las orientaciones de EUROPILE están conformes con las directrices trazadas por la Comunidad Europea para las pilas, que son²:

- las pilas alcalinas de manganeso no deben contener más del 0,025% de mercurio.
- las pilas de óxido de mercurio, cadmio, níquel y plomo-ácido deben ser recolectadas separadamente para su reciclaje o disposición especial.

De acuerdo con los datos recabados por la Oficina de Gestión Tecnológica de la Facultad de Química, Universidad de la República, cada año ingresan legalmente a Uruguay unos 38 millones de unidades, que pesan (según estimaciones preliminares) 1.900 toneladas¹⁵, discriminadas según los tipos de pilas que se describen en la Figura 2.

FIGURA 2
Tipos de pilas importadas a Uruguay en 1995¹⁵



Según esta misma fuente, las pilas comunes son prácticamente inofensivas y las alcalinas tienen peligrosidad intermedia tendiente a disminuir debido a las disposiciones europeas para el contenido de mercurio. Por lo que si no se mezclan las pilas, se tiene un problema muy reducido respecto a la recolección de todos los tipos de pilas mezclados. La Intendencia Municipal de Montevideo, en el marco de educación ambiental y no teniendo al alcance las soluciones de reciclaje que para algunos tipos de pilas existen en otras partes del mundo, optó por el lanzamiento de una campaña no selectiva de pilas, guardándolas en tanques de fibra de cemento (pesan unas 2,5 toneladas), que una vez completos se sellan con hormigón. Tomando en cuenta la cantidad de pilas que se importan se calcula que no están recuperando ni el 10% de las pilas. Actualmente, esta Intendencia está cooperando con la Oficina de Gestión Tecnológica para realizar investigaciones en el tema reciclaje de pilas y evaluación de la campaña¹⁵.

En Brasil no es una preocupación prioritaria la disposición de las pilas usadas, aunque ya existe en Río de Janeiro, un proyecto de ley, de 1991, que crea el sistema estatal de recolección de pilas. Mientras, es consenso que el descarte concentrado de pilas debe ser realizado solamente en depósitos adecuados para tal fin³.

3 Lámparas fluorescentes

Las lámparas fluorescentes contienen sustancias químicas nocivas al medio ambiente, como metales pesados, entre los cuales sobresale el mercurio metálico.

Mientras estén intactas, las lámparas fluorescentes no ofrecen riesgos. Sin embargo, al ser descartadas en los residuos sólidos, el vidrio se rompe y el mercurio es liberado, evaporándose. Cuando llueve, vuelve a la tierra y contamina el suelo y los cursos de agua.

Ingerido o inhalado por el ser humano, el mercurio produce efectos desastrosos en el sistema nervioso, pudiendo causar desde lesiones leves hasta la vida vegetativa y la muerte.

Cada lámpara fluorescente contiene cerca de 15 miligramos de mercurio, lo cual significa un bajo riesgo de contaminación ambiental, tomando en cuenta una sola unidad aislada. Pero los riesgos aumentan en caso de descartar grandes cantidades en un único sitio.

En las ciudades brasileras, más de 30 millones de lámparas fluorescentes quemadas son anualmente descartadas como residuos, sobretodo por establecimientos industriales, bancarios y comerciales⁴.

En la mayoría de los países no existe una legislación que prohíba verter las lámparas a los residuos sólidos. Sí la hay por ejemplo en Alemania, donde las lámparas deben ser molidas, empacadas y enterradas en las minas abandonadas⁴.

Existe un proceso de reciclaje de lámparas fluorescentes patentado por una empresa brasilera. El mismo consiste en la destrucción de la lámpara en forma controlada: el vidrio es separado de la base y descontaminado, regresando a la producción de lámparas o siendo usado en la composición de esmalte en la vitrificación de cerámicas. La base es vendida como chatarra de aluminio y el mercurio es filtrado y puesto a la orden de fabricantes de cloro-soda, pilas, baterías y también lámparas. Debe destacarse que la venta de los materiales reciclables no cubre el costo del procesamiento de la lámpara⁴.

Muchas empresas brasileras, previendo ya una futura ley acerca del descarte de lámparas fluorescentes, estudian formas que permitan dar una disposición adecuada a sus lámparas usadas, que en la actualidad acaban siendo recogidas por los camiones de los residuos sólidos.

*Manejo y disposición final de lámparas fluorescentes usadas*⁸

En caso de que se almacenen las lámparas fluorescentes para una utilización futura, es recomendable que sean almacenadas en un local ventilado, y protegidas contra su eventual ruptura por agentes mecánicos. Las lámparas quebradas se deben separar de las demás y acondicionarlas en recipientes herméticos, como un tambor de acero con tapa y en buenas condiciones. Existe un contenedor especialmente diseñado para almacenar y transportar este tipo de lámparas. Su construcción elimina casi por completo el riesgo de ruptura, además de poseer un filtro de carbón activado, en previsión de eventuales emanaciones de vapores de mercurio.

Importante: bajo ningún concepto, las lámparas deben ser quebradas para almacenarlas, y solamente las que se rompan accidentalmente se deben acomodar en recipientes herméticos. Esta operación es riesgosa para el operador, además de impossibilitar la separación automática de las bases de metal. Es condenable la práctica de «embutir» los contactos eléctricos de las extremidades de la lámpara, martillando los contactos hacia su interior, ya que los orificios resultantes provocan el derramamiento del vapor de mercurio.

El piso del local donde se manejan las lámparas quebradas, debe ser impermeable y monolítico, y debe limpiarse con aspirador de polvo industrial (con filtro de carbón activo), y no barrido. Semanalmente, se debe cubrir con una fina capa de hipoclorito (agua sanitaria), seguida por una solución diluida de sulfato de sodio en cantidades moderadas, para que no escurra, debiendo la primera secarse antes de aplicar la segunda. El hipoclorito reaccionará con el mercurio formando cloruro de mercurio, el cual, a su vez, reaccionará con el sulfato para formar sulfato de mercurio, que es un polvo oscuro, fino, estable e insoluble. La finalidad de ese lavado es la de neutralizar las microgotas que se dispersan por la porosidad del piso, y que pueden generar importantes emanaciones de vapor de mercurio, debido a la mayor superficie específica de esas microgotas.

4 Residuos tóxicos contenidos en envases

Los residuos químicos contenidos en envases desechados de materiales de limpieza, insecticidas, herbicidas, cosméticos, tintas y medicamentos pueden ser liberados y, bajo la acción de la lluvia, migrar hacia las aguas superficiales y subterráneas y/o quedar retenidos en el suelo, causando contaminación de estos medios. Desgraciadamente, no existe, hasta el momento, una política para el desecho, reciclaje o reuso de esos residuos.

Referências

- 1 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA. Sindicato de la Industria de Aparatos Eléctricos Electrónicos y Similares del Estado de São Paulo. Informaciones personales. São Paulo, 1994.
- 2 BATTERIES and the environment: the facts. S.I.: Association of European Primary Dry Battery Manufactures, 1991.
- 3 CASTANHO, V. Evolução da indústria das pilhas. En: SEMINÁRIO COMPONENTES POTENCIALMENTE PERIGOSOS PRESENTES NO LIXO TÓXICO, 1993, São Paulo. Anais... São Paulo: IPT/ABEQ, 1993.
- 4 CEMPRE INFORMA, n.14, jun. 1994.
- 5 DUNN, J.R. Recycling reuse elastomers -an overview. Florida: Rubber Division Meeting, 1993.
- 6 FERREIRA, J.V.O município e a questão dos agrotóxicos. São Paulo: CEPAM, 1994, v.4 (Série Manuais).
- 7 KOKISH, B. Organization seeks scrap tire solution. Rubber and Plastic News, 25, p. 44-47, Oct.
- 8 MANEJO e disposição de lâmpadas fluorescentes usadas. Boletim Apliquim.
- 9 PARODI, E. Informações pessoais. São Paulo: Prefeitura Municipal de São Paulo, Depto. Zoonose, 1994.
- 10 SCHUTER, R.H. En: CONGRESSO BRASILEIRO DE POLÔMEROS, 2, 1993, São Paulo. Anais... São Paulo, 1993, p.1135-1143.
- 11 SNYDER, R.H. The shape and size of the scrap tire problem and some potential solutions. En: CONFERENCE ON TIRE TECHNOLOGY, 1986, Clemson. Proceedings... South Carolina, 1986.
- 12 USO de asfalto reciclado reduz custo de recuperação de estradas. IPT Pesquisas e Serviços, São Paulo, v.4, n.27, jul. 1992.
- 13 VIADANA, R.H.C. Informações pessoais. São Paulo: Prefeitura Municipal de São Paulo, Secretaria do Verde e Meio Ambiente, 1994.
- 14 FUNSA. Informaciones personales.
- 15 BÚSQUEDA. Ambiente/Ciencia y Técnica. Jueves 5 de junio de 1997, página 42. Montevideo.

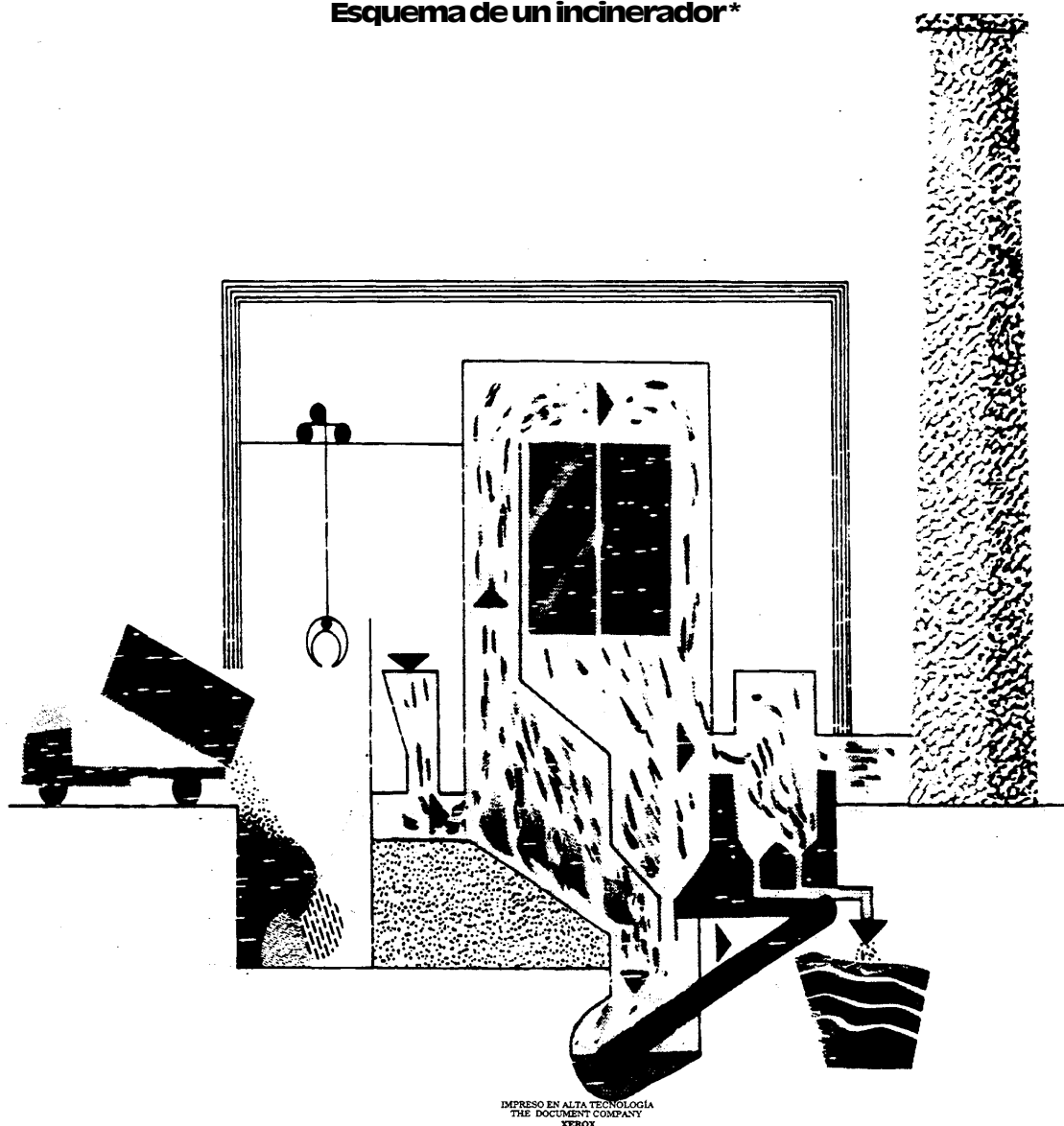
Parte 4 Incineración

1 ¿Qué es la incineración?

Es una de las tecnologías térmicas existentes para el tratamiento de residuos. Incineración es la quema de materiales a alta temperatura (generalmente superior a 900°C), mezclados con una cantidad apropiada de aire durante un tiempo predeterminado. En el caso de incineración de los residuos sólidos, los compuestos orgánicos son reducidos a sus constituyentes minerales, principalmente dióxido de carbono gaseoso, vapor de agua, y sólidos inorgánicos (cenizas).

Esta combustión se realiza en una instalación que suele llamarse planta de incineración, proyectada y construida para tal fin.

FIGURA 1
Esquema de un incinerador*



IMPRESO EN ALTA TECNOLOGÍA
THE DOCUMENT COMPANY
XEROX

(*) Diseño autorizado por la Asociación Brasileira de Ingeniería Química

¿Cuáles son las ventajas de la incineración de los residuos sólidos?

- **reducción drástica del volumen a ser descartado:** la incineración deja como sobras las cenizas, que generalmente son inertes. De esta forma, reduce la necesidad de espacio para el relleno sanitario;
- **reducción del impacto ambiental:** en comparación con el relleno sanitario, la incineración minimiza la preocupación a largo plazo relacionada con el monitoreo de la capa freática, ya que el residuo tóxico es destruido, y no «guardado»;
- **desintoxicación:** la incineración destruye bacterias, virus y compuestos orgánicos, como el tetracloruro de carbono, el aceite sucio, e inclusive, dioxinas. En la incineración, la dificultad de destrucción no depende de la peligrosidad del residuo, sino de su resistencia al calor. La incineración también se puede usar para descontaminar el suelo que contiene residuos tóxicos. Este, después de incinerado, es devuelto a su lugar de origen;
- **recuperación de energía:** parte de la energía consumida puede recuperarse para la generación de vapor o electricidad.

¿Cuáles son las desventajas de la incineración de los residuos sólidos?

- **costo elevado:** la incineración es uno de los tratamientos de residuos que presenta costos elevados tanto en la inversión inicial, como en el costo operacional. Normalmente, se debe incinerar sólo lo que no puede ser reciclado. Hoy, con las crecientes exigencias para la mitigación de los impactos ambientales causados por los rellenos sanitarios, estos están llegando a costar más de U\$S 20 por tonelada, alcanzando el rango de costo operacional de los incineradores;
- **exige mano de obra calificada:** es difícil encontrar y mantener personal bien calificado para la supervisión y operación de los incineradores;
- **problemas operacionales:** la variabilidad de la composición de los residuos puede causar problemas de manejo y de operación del incinerador, e inclusive exigir un mantenimiento más intenso;
- **límite de emisiones de componentes de la clase de las dioxinas y furanos:** no existe consenso en cuanto al límite de emisión de los incineradores.

CUADRO 1 Costo (rangos típicos)

INICIAL (INSTALADO) = U\$S 80.000 a 130.000 por tonelada día de capacidad

INCINERADORES MENORES

INCINERADORES MAYORES

EL COSTO VARÍA SEGÚN LA TECNOLOGÍA ESCOGIDA

COSTO POR TONELADA: U\$S 20 a U\$S 60/t RESIDUOS NO PELIGROSOS

U\$S 400 A U\$S 1.000/t RESIDUOS PELIGROSOS

FIGURA 2
Chimenea de un incinerador mal operado / bien operado



A nivel mundial, la incineración se practica procurando la reducción de los volúmenes de residuos sólidos a ser dispuestos - ante los problemas con la disponibilidad de espacios, la reducción de la peligrosidad de los residuos - como es el caso de los desperdicios de hospitales, y a su vez, procurando aprovechar la posibilidad de recuperar energía.

En el Japón, el porcentaje de residuos sólidos incinerados llega hoy al 80%. La imposibilidad de disponer los residuos sólidos en rellenos sanitarios, a causa de la escasez de terrenos, llevó a este país a adoptar la incineración como alternativa de tratamiento, de forma intensiva. Actualmente dispone de centenares de incineradores. Sólo en Tokio funcionan trece usinas.

En los Estados Unidos, de los 200 millones de toneladas de residuos sólidos generados por año, 16% es incinerado.

En Brasil, el primer incinerador para residuos sólidos municipales fue instalado en la ciudad de Manaus, en 1896, veintidós años después de la implantación de la primera unidad construida en el mundo en la ciudad de Nottingham, Inglaterra, en 1874.

Esa actitud pionera brasilera no continuó con un crecimiento en la utilización de la incineración como forma de tratamiento de los residuos sólidos domiciliarios. Por lo que, hoy en Brasil, los incineradores en uso no llegan a dos docenas.

En Caracas, Venezuela, recientemente fue instalado un incinerador dedicado únicamente al tratamiento de desechos tóxicos.

En Uruguay, la única experiencia en usinas de incineración es la de Montevideo, a principios de siglo XX. Es interesante conocer que previo a su instalación la Intendencia se debatía entre una planta de clasificación y reciclaje industrial y la incineración. En el debate formaba parte una comisión asesora técnica especialmente creada para dar solución a los residuos sólidos urbanos. Finalmente, en 1915, fueron instalados tres incineradores que trataron todos los residuos sólidos de la ciudad durante unas décadas. Eran las usinas 1, 2 y 3. La 1, en el centro de la ciudad, el que por motivos de contaminación atmosférica y de crecimiento urbano se demolió, se estima alrededor de los años 50.

La 2, en el oeste, la única que aún está en uso - se le hizo una readecuación en 1995 - en la que se incineran todos los residuos hospitalarios (unas 25 t/día), excepto los radioactivos; no alcanza las temperaturas establecidas y genera unas 3.2 t/día de cenizas que se llevan al vertedero. Finalmente la 3, al noreste, aunque aún existe, está fuera de uso desde hace pocos años^{19,20}.

2 Planificación de un horno incinerador

Una planificación estratégica a largo plazo es esencial para implantar un horno incinerador con éxito. Los responsables de las decisiones necesitan conocer la influencia de una variedad de temas en el proceso de planificación, y definir:

- quién asume la propiedad y las responsabilidades consiguientes, incluyendo los riesgos inherentes a la instalación;
- quién toma las decisiones legales y de ingeniería;
- la selección y coordinación del suministrador del incinerador;
- la venta de un producto (electricidad), en caso de que haya;
- la generación de capital, si fuera el caso anterior.

La planificación a largo plazo dentro de la intendencia es la clave para el éxito del proyecto y la operación eficiente del horno incinerador.

En caso de incineración con recuperación de energía, se debe conocer:

- composición de los residuos sólidos, directamente relacionada con la recuperación de la energía. La humedad y la reducción del porcentaje de plástico, por ejemplo, disminuyen la energía generada, elevando el costo por tonelada incinerada;
- la tarifa de la energía recuperada: la ganancia obtenida con la venta de la electricidad generada tiene gran influencia sobre el costo por tonelada incinerada.

En Europa existen decenas de incineradores de residuos sólidos municipales con recuperación de energía. La mayor parte de ellos tiene capacidad a partir de 200 t/día. Teniendo en cuenta que la energía eléctrica es más barata para nuestra región, considerando las condiciones de demanda y oferta de energía y otros factores de escala, parecería que la incineración de residuos municipales sería interesante económicamente para usinas con gran capacidad, posiblemente en el rango de 1.000 t/día.

Mercado para la energía

Las usinas de incineración de los residuos sólidos municipales difieren de la mayoría de los servicios públicos por su característica de poder generar un producto, energía, que se puede vender, con la consiguiente ganancia. El responsable de la decisión acerca de la elección de la alternativa más conveniente, necesita, por lo tanto, estar preparado para comercializar el producto y atender satisfactoriamente a los compradores.

En la comercialización de la electricidad, es importante considerar factores como:

- Producción consistente. Los usuarios no aceptan interrupciones en el suministro. Se necesita una caldera de reserva para garantizar que el suministro sea constante.
- Precio competitivo. La instalación de combustión de residuos sólidos estará compitiendo con otros generadores en la venta de energía.

3 Dimensiones de la usina

Las dimensiones apropiadas de la usina resultan de la evaluación cuidadosa de una gran variedad de criterios:

Capacidad de la usina/suministro de residuos sólidos

El suministro de residuos sólidos es el factor fundamental para calcular las dimensiones del horno. La capacidad instalada no sólo tomará en cuenta el poder calorífico de los

residuos sólidos, sino también el suministro constante de residuos sólidos próximo a la capacidad del proyecto, lo cual es la única garantía de una operación adecuada del horno.

Programas alternativos para residuos sólidos

Las futuras reducciones en la generación de residuos sólidos, programas de reciclaje y compostaje están directamente ligados al proyecto de la usina. Estos programas generalmente requieren menos tiempo y recursos para su implementación, y alteran la capacidad y el poder calorífico de los residuos sólidos que se debe incinerar. Después de la implementación de los programas de reducción de generación, reciclaje y compostaje, el volumen de residuos sólidos que se debe incinerar será menor, y permitirá la construcción de un horno menor, y de costo consecuentemente menor.

Características de los residuos sólidos a ser incinerados

Una buena incineración depende de la exactitud en el conocimiento de las características de los residuos sólidos. Por eso, la mayoría de las intendencias que planean tener un horno incinerador de residuos sólidos deben hacer su propia caracterización, con miras a obtener un cuadro preciso de la cantidad y composición de los residuos sólidos locales. Los recursos invertidos en esta fase pueden evitar errores muy costosos durante la fases sucesivas del proyecto.

Desde el punto de vista técnico, estos datos serán usados para verificar el poder calorífico de los residuos. Las informaciones acerca de la cantidad de materiales que se deben reciclar también ayudarán a determinar el poder calorífico. El poder calorífico de una masa de residuos sólidos puede ser mayor o menor de lo previsto y, en ambos casos la operativa de la planta puede ser afectada.

Planificación de las interrupciones de la planta

Es también muy importante tomar en consideración los tiempos de parada de la planta. La mayoría de ellas son proyectadas para operar continuamente (24 horas por día), pero habrá tanto paradas programadas (para mantenimiento), como imprevistas (fallas del equipo). Es necesario tener espacio para almacenar los residuos sólidos que continúen llegando durante la parada, y además la unidad debe tener la capacidad para absorber el exceso acumulado y bajar la reserva a niveles normales. Si estas capacidades no estuviesen incluidas en el sistema, será necesario enviar residuos sólidos al relleno sanitario o a una instalación alterna.

Duración del proyecto

El tiempo necesario para planificar, desarrollar y construir un incinerador es variable. Se considera que 5-8 años son el tiempo mínimo necesario para llevar un horno incinerador desde los estudios iniciales de planificación hasta su puesta en marcha.

Ubicación del horno incinerador

La elección del lugar para el incinerador será una de las decisiones más difíciles. Una variedad de barreras sociales y técnicas deberá ser negociada, para lograr una ubicación bien resuelta:

- efecto sobre los habitantes. Los vecinos estarán preocupados por los impactos sobre la salud asociados con el incinerador, la disminución del valor de las propiedades y el aumento del tráfico en la zona;
- impacto ambiental. El incinerador tiene un potencial de crear una gama de reales preocupaciones ambientales;
- planes de desarrollo. Es necesario evaluar los planes para el futuro uso del suelo donde esté localizado el incinerador;
- proximidad de la fuente de generación de los residuos sólidos. Es importante tomar en cuenta los costos de transporte dentro de un sistema de gestión integral de los residuos sólidos;

- proximidad de los mercados para la energía generada, cuando sea el caso. La energía generada deberá ser entregada a los compradores. Es preciso considerar la ubicación de las líneas de distribución eléctrica;
- aspectos logísticos. El ordenamiento territorial y las rutas de acceso también se deben tomar en cuenta;
- disposición de las cenizas generadas. Es necesario el acceso a un relleno sanitario adecuado;
- la tecnología de incineración que se va a usar.

Caracterización del residuo

Para incinerar un residuo, es indispensable caracterizarlo correctamente. Incinerar un residuo desconocido o en condiciones operativas erradas puede ocasionar desastres para el medio ambiente. Los siguientes son puntos esenciales en la caracterización de un residuo:

- **PCI (poder calorífico inferior):** indica cuánto calor se libera durante la quema del residuo. Residuos con alto PCI consumen menos combustible. El valor medio para los residuos sólidos domiciliarios es de 1.300 kcal/kg. (5.44 MJ/kg). Un PCI muy variable puede dificultar el control de la temperatura del incinerador y causar:
 - combustión incompleta, con emisión de material tóxico a través de la chimenea;
 - fusión y acumulación de cenizas debido a temperaturas excesivas;
 - consumo excesivo de combustible;
 - generación de monóxido de carbono (CO) debido a insuficiencia de aire para la combustión.
- **Cenizas:** es lo que sobra luego de la incineración, y están constituidas por materia mineral, carbono no quemado y la mayor parte de los metales. El porcentaje de cenizas permite estimar el espacio necesario para el relleno sanitario. Las cenizas son: la escoria (captada en la base), y los volátiles, captados en los filtros de gases. Contienen metales pesados y dioxinas; por lo tanto, se consideran sustancias tóxicas¹⁷.
- **Humedad:** indica el porcentaje de agua contenida en el residuo. Un índice alto de humedad perjudica la recuperación de energía.
- **Composición de elementos químicos:**
 - **Carbono, hidrógeno y oxígeno:** elementos químicos principales de los residuos orgánicos que permiten calcular las condiciones de la combustión;
 - **Azufre, cloro orgánico y nitrógeno:** estos elementos forman gases ácidos corrosivos que pueden afectar la durabilidad del equipo. Los óxidos de azufre (SOx) y el ácido clorhídrico (HCl) se eliminan por absorción en solución alcalina. Los óxidos de nitrógeno (NOx) deben ser minimizados por medio del control de las condiciones de combustión, con cámaras dobles y quemadores proyectados para tal fin;
 - **Metales:** mercurio, cadmio, plomo y otros, pueden darle una gran toxicidad al residuo o a las corrientes gaseosa y líquida que salen de un incinerador. Precisan ser identificados para la definición del proceso de su remoción de la corriente gaseosa o líquida. Son factores primordiales en la clasificación de la cenizas de incineración;
- **Características especiales:** existen propiedades de los residuos que deben ser tomadas en cuenta en el proyecto del incinerador y en los cuidados operacionales, a efectos de garantizar la integridad física de los operadores y del equipo. Son ellas: la toxicidad (por ejemplo: PCBs como ascarel), corrosividad (ácidos), olor (gas sulfhídrico), liberación de humo (ácido clorhídrico), reactividad (pentacloruro de fósforo).

4 Tecnologías térmicas

Entre los tipos y tecnologías de incineradores existentes, se pueden mencionar:

Aire controlado: incinerador en el cual el flujo del aire de combustión es reducido, con el propósito de minimizar la turbulencia y la generación de partículas volátiles.

Horno rotativo: incinerador con tambor rotativo, para que el residuo gire y quede expuesto al aire de combustión.

Cámaras múltiples: incinerador con compartimientos en serie para acomodar diferentes fases de la incineración y facilitar la separación de partículas.

Parrillas móviles: incinerador típico para los residuos sólidos municipales, provisto de parrillas, cuyo movimiento permite la distribución gradual del residuo a lo largo del incinerador.

Inyección de líquido: incinerador con tubos atomizadores para la incineración del residuo líquido que se encuentra en suspensión.

Lecho fluidizado: lecho cilíndrico vertical con arena mantenida en alta turbulencia por flujo de aire recirculante, especialmente indicado para residuos en forma de lodo.

Hornos de cemento: grandes hornos utilizados para la producción de cemento, y que debido a la alta temperatura de operación y a la gran masa de materia prima procesada, permiten la incineración de varios tipos de residuos.

Quemadores de gas: dispositivos para la quema de gases combustibles residuales, provenientes de procesos de fabricación.

Incineración catalítica: proceso de destrucción de residuos gaseosos, en que el catalizador permite el uso de temperaturas menores.

Régimen de operación: se puede incinerar residuos en régimen de tandas, o sea, suministrando una carga a la vez y esperando que se complete su incineración, para luego suministrar otra carga; o en régimen **continuo**, en el cual la alimentación de residuos no se detiene durante la incineración. El régimen de tandas es típico de incineradores pequeños y, generalmente, presenta los inconvenientes de la disminución de la temperatura y el aumento de turbulencia en el momento de la alimentación de cada carga, causando emisiones indeseables.

Cabe mencionar aquí otras tecnologías térmicas:

Pirólisis: semejante a la incineración, pero realizada con admisión estricta de aire de combustión; así provoca la descomposición térmica de los residuos sólidos a temperaturas bajas.

Esterilización a vapor: calentamiento en un recipiente sellado presurizado con vapor.

Plasma: calentamiento del residuo a altísimas temperaturas por medio de la aplicación de corriente eléctrica.

Inactivación térmica: calentamiento en seco, sin adición de vapor, agua ni llama.

Sal fundida: oxidación a alta temperatura por contacto con una sal fundida. Ejemplo: cloruro de sodio.

5 Etapas en la incineración de los residuos sólidos

La incineración puede subdividirse en tres fases principales:

- pre-tratamiento / alimentación;
- incineración;
- control de contaminación.

Pre-tratamiento / alimentación

Los residuos sólidos municipales pueden ser manipulados a granel. En primer lugar son colocados en fosos de almacenamiento intermedios por los camiones recolectores. Luego, se transfieren para la incineración por medio de un cucharón de cuatro gajos que se desplaza sobre puentes rodantes, como muestra la Figura 3.

Incineración

Para cumplir con los patrones de control de emisiones atmosféricas, la incineración debe constar de dos fases: combustión primaria y combustión secundaria.

Combustión primaria

En esta fase, que dura de 30 a 120 minutos a una temperatura de 500 a 800°C, ocurren el secado, el calentamiento, la liberación de sustancias volátiles y la transformación del residuo remanente en cenizas. Allí se genera el material particulado, que es básicamente la humareda oscura producida en una quema no controlada. Las partículas menores son las más perjudiciales al ser humano.

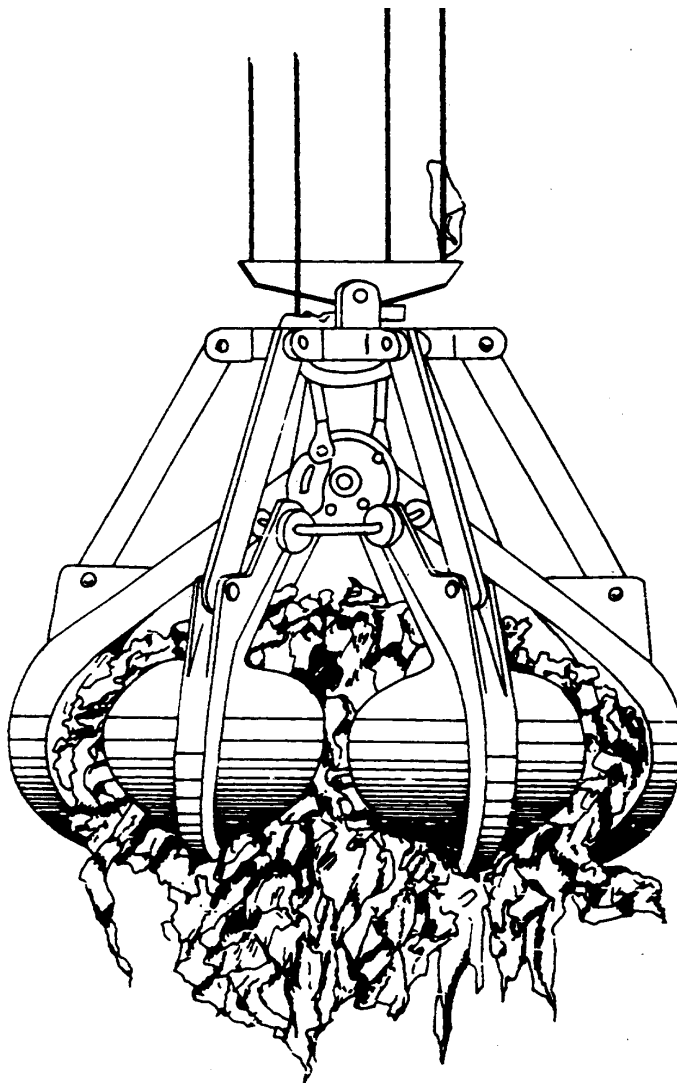
Para esta fase es importante suministrar aire de combustión en cantidad suficiente y de manera homogénea, exponiendo totalmente el residuo al calor.

Al final, la masa de cenizas ya no se reduce más, quedando: carbono no quemado, compuestos minerales de alto punto de vaporización y la mayoría de los metales.

Los metales son apenas redistribuidos al pasar por el incinerador:

- ***buena parte es evaporada o arrastrada por la corriente gaseosa y necesita ser recolectada en el sistema de remoción del material particulado;***
- ***otra parte permanece en las cenizas y puede ser recuperada para reciclaje.***

FIGURA 3
Alimentación por cucharón de cuatro gajos



Combustión secundaria

Los gases, vapores y material particulado, liberados en la combustión primaria, son soplados o succionados hacia la cámara de combustión secundaria o post-combustión, hacia donde permanecen alrededor de dos segundos expuestos a 1.000°C o más. En estas condiciones ocurre la destrucción de las sustancias volátiles y parte de las partículas.

Los principales factores que influyen en la destrucción de los residuos en esta fase son:

Temperatura: en la incineración, el objetivo es suministrar energía suficiente para que ocurra la ruptura de los enlaces entre los átomos del residuo, y luego, la recombinación que permite formar principalmente CO₂ y agua, sustancias bastante estables. La necesidad de mantener la temperatura correcta de incineración exige un control automático de la temperatura en las dos cámaras, generalmente con alarma para la temperatura baja y el bloqueo automático del suministro de residuos.

Tiempo: la absorción de la energía suministrada al residuo por la quema del combustible es rápida, pero no instantánea. El tiempo de 0,8 a 2 segundos, exigido como tiempo de residencia de los gases, es necesario para que ocurran las reacciones químicas de destrucción de los compuestos tóxicos.

Las variaciones en la cantidad de residuos alimentados o en la presión en el interior del incinerador, pueden provocar la reducción del tiempo de permanencia, perjudicando la incineración.

Turbulencia: es necesario que todo el material, al pasar por la cámara de combustión, permanezca expuesto a la temperatura de incineración durante la misma cantidad de tiempo. Ninguna porción deberá pasar «más rápido», ya que el tiempo de residencia debe ser mantenido. Por lo que, la cámara secundaria se dimensiona con el objetivo de que permita el paso turbulento de los gases, garantizando una mezcla adecuada.

Exceso de aire: la combustión completa de un residuo exige la presencia de oxígeno (O₂) en cantidad adecuada. Al saber la composición de este residuo, se puede calcular la cantidad teórica de O₂ que se debe suministrar. En la práctica, sin embargo, es necesario proveer un exceso de aire, porque la mezcla residuo-O₂ no es perfecta.

Normalmente, el exceso de aire y la concentración de CO (monóxido de carbono) son medidos continuamente en la chimenea de un incinerador. Si la cantidad de aire suministrada es suficiente, la concentración de CO en la chimenea es cero, e indica que todos los compuestos orgánicos están siendo adecuadamente destruidos. Cuando el exceso de aire cae debajo de 1 a 1,5%, la combustión pasa a ser incompleta, lo cual se delata por la presencia de CO en la chimenea.

Un incinerador para residuos peligrosos, según la norma técnica brasilera ABNT NBR-1265 (ver Anexo B), debe presentar eficiencia de destrucción de 99,99% para determinado compuesto orgánico incinerado. Si este compuesto fuera un bifenilo policlorado (PCB) la eficiencia deberá ser de 99,999%. Pueden quedar, entonces, 0,01 o 0,001% de residuo tóxico que es diluido en los gases que salen por la chimenea, o mezclado en las cenizas, debiendo ser dispuestos en relleno.

En el Cuadro 2 se presentan algunos ejemplos de equipos o procesos, según la etapa de la incineración.

CUADRO 2 Etapas de la incineración				
PRE TRATAMIENTO	ALIMENTACIÓN	INCINERACIÓN	ACONDICIONAMIENTO DE LOS GASES	TRATAMIENTO DE LOS GASES
<ul style="list-style-type: none"> •Molienda •Secado •Compostaje •Embolsado 	<ul style="list-style-type: none"> •Manual •Correa de rodillos •Correorodante •Puente rodante con cuatro gajos 	<ul style="list-style-type: none"> •Cámaras múltiples •Aire controlado •Horno rotativo •Parrillas móviles 	<ul style="list-style-type: none"> •Enfriamiento con agua •Mezcla con agua •Intercambiador de calor 	<ul style="list-style-type: none"> •Precipitador electrostático •Filtros de manga •Lavadores

Control de contaminación

El control de las emisiones se puede hacer a través de:

Control de combustión

El proyecto, construcción, operación y mantenimiento adecuados (buenas prácticas de combustión) son un aspecto fundamental en el control de las emisiones. Condiciones apropiadas de combustión limitan especialmente la formación de dioxinas y furanos. El monitoreo y el control continuos, tanto computarizados, como manuales, son sumamente importantes como «buenas prácticas de combustión». El entrenamiento de los operadores es considerado básico para prevenir la contaminación.

Las dioxinas y furanos también se forman después de la salida de la cámara de combustión. El enfriamiento brusco de los gases de combustión es el método de control que limita con éxito esta formación secundaria.

Dioxinas

Las dioxinas y furanos constituyen una clase de sustancias organocloradas entre los que hay algunos compuestos extremadamente tóxicos. Pueden estar presentes en el residuo. Pueden también, formarse en ciertas condiciones durante el enfriamiento de los gases incinerados, en el rango de los 300°C. Pueden, además, formarse en irregularidades operacionales que perjudican la incineración.

Aunque no existan dioxinas en un residuo, su formación puede ocurrir durante el enfriamiento de los gases de evacuación del incinerador. Existen evidencias de la presencia de dioxinas en concentraciones superiores a 30 ng/Nm³. Una solución posible para evitar la formación de dioxinas que ocurre luego de la incineración, es enfriar bruscamente los gases de salida. Con todo, esta técnica puede ser conflictiva con la estrategia de recuperación de energía. En el caso que este enfriamiento brusco no sea posible, un sistema de tratamiento de gases adecuado quitará las dioxinas junto con el material particulado, terminando en el relleno.

La agencia ambiental norteamericana - Environmental Protection Agency - estableció el límite de 30 ng/Nm³ para el total de dioxinas y furanos emitidos por los incineradores de residuos sólidos municipales con capacidad igual o mayor que 250 t/día. En Alemania, el límite para la emisión de estos compuestos en incineradores de residuos peligrosos es 0,1 ng/Nm³ TEQ (unidad de equivalencia de toxicidad, que tiene como referencia la 2,3,7,8-tetracloro-dibenzo-para-dioxina).

Realizar los análisis de detección de dioxinas y furanos implica contar con equipos de alta tecnología y personal capacitado. Hasta 1996, Brasil no contaba con instituciones públicas que pudieran realizar esos análisis en niveles de concentración tan bajos.

Control de material particulado

Filtros de tejido, llamados filtros manga, precipitadores electrostáticos y lavadores Venturi son los dispositivos para controlar la emisión de partículas (Cuadro 3).

Los filtros manga son diseñados con largas bolsas hechas con tejido resistente al calor que capturan partículas finas. El polvo y las partículas son recolectados y dispuestos.

Los precipitadores electrostáticos tratan las emisiones con la aplicación de un voltaje en las partículas que entran, cargándolas negativamente. Las partículas, entonces, son quitadas en placas cargadas positivamente. Usan campos electrostáticos múltiples para recolectar el máximo de material particulado.

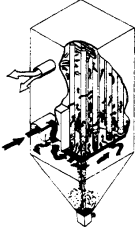
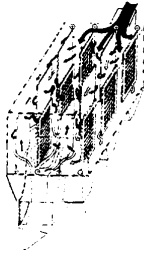

Los lavadores Venturi utilizan grandes volúmenes de agua en forma de gotitas que impactan la corriente gaseosa de manera de capturar las partículas, que en este caso son enviadas a una estación de tratamiento de efluentes líquidos.

Control del gas ácido

Las unidades de control de gas ácido más comunes son las llamadas scrubbers. Scrubbers de cal seguidos por filtros manga son considerados la mejor tecnología de control de gas

ácido. Un lodo de cal que reacciona con los gases ácidos es atomizado en el scrubber. El agua del lodo evapora enfriando el gas. El particulado y los productos de la reacción anterior son retenidos por un filtro manga. Este tipo de sistema es usado para controlar las emisiones de dióxido de azufre (SO₂), ácido clorhídrico (HCl), partículas, metales y dioxinas y furanos.

Otros sistema de control de gas ácido es el de inyección de absorbente seco (IAS) seguido por enfriamiento del gas y precipitador electrostático. Existen dos diferentes métodos de IAS. Uno involucra la inyección de álcali seco como cal hidratada en el gas de combustión después de la cámara de combustión. El otro método inyecta el absorbente directamente en la cámara de combustión.

CUADRO 3 Retención del material particulado - Ventajas y desventajas		
FILTRO MANGA ELECTROSTATICO	PRECIPITADOR	LAVADOR VENTURI
		
VENTAJAS <ul style="list-style-type: none"> • Baja pérdida de carga • Recolección de partículas resistivas 	<ul style="list-style-type: none"> • Alta eficiencia partículas menores • Bajo costo de operación 	<ul style="list-style-type: none"> • Bajo costo inicial • Operación simple • Puede recolectar gases
DESVENTAJAS <ul style="list-style-type: none"> • Exige enfriamiento cerca de 250 °C • No puede ser usado en corrientes húmedas 	<ul style="list-style-type: none"> • Alto costo inicial • No es flexible 	<ul style="list-style-type: none"> • Alta pérdida de carga • Genera efluente líquido • Alto costo operacional • Poco eficiente para partículas menores que 0,5µm

Los óxidos de nitrógeno no son eliminados por este proceso. Se debe minimizar su generación mediante el control de las condiciones de incineración, con quemadores adecuados en la segunda cámara.

Además de estos métodos citados, la separación de materiales antes de la combustión también puede reducir las emisiones, en especial las emisiones de metales. Los materiales que pueden contribuir con emisiones perjudiciales son:

- piezas soldadas con plomo, como recipientes de hojalata;
- pilas domésticas o de uso médico, que contienen metales pesados, como mercurio y cadmio;
- baterías de plomo-ácido (para vehículos), que son una de las principales fuentes de plomo en los residuos sólidos municipales;
- ciertos plásticos, como PVC, que pueden ser precursores de la formación de dioxinas;
- residuos de jardines, que pueden perjudicar la combustión debido a su humedad variable.

Esta lista contiene muchos materiales reciclables o compostables, que refuerzan la idea de que los programas de reciclaje y de compostaje pueden tener un impacto positivo en la operación de las instalaciones de combustión de residuos sólidos.

6 Gestión de la ceniza de incineración

La ceniza residual es un producto de la incineración de los residuos sólidos. La porción inorgánica no combustible de los residuos sólidos (como latas, frascos, polvo, etc.) y la materia orgánica no combustible (hollín) son los constituyentes de la ceniza.

Durante la incineración se generan dos tipos de ceniza: la ceniza de fondo y la ceniza suspendida en el gas de combustión. La ceniza de fondo está compuesta por el material no combustible que pasa por la cámara de combustión. Ella es usualmente recolectada por un dispositivo transportador y enfriada con agua. Esta ceniza constituye de 75 a 90% de toda la ceniza generada, según la tecnología que se emplee. La ceniza suspendida en el gas de combustión es un material más ligero recolectado por el equipo de control de contaminación.

Una preocupación especial, en cuanto a la ceniza que resulta de la incineración de los residuos sólidos municipales, es la presencia de metales pesados, especialmente de plomo y cadmio, que proceden de elementos como baterías de plomo-ácido, equipos electrónicos y algunos plásticos. Debido a los efectos potencialmente perjudiciales del desecho de ceniza, es necesario evaluarla en los estadios iniciales del proyecto. La lixiviación en los rellenos es la preocupación principal, ya que los metales solubles pueden contaminar el nivel freático. Las dioxinas asociadas con la ceniza suspendida en el gas de combustión, se pueden controlar bastante a través de buenas prácticas de combustión. Sin embargo, en caso de que estuviesen presentes, no son móviles en un relleno sanitario. Las emisiones de polvo se deben también controlar por medio de un manejo adecuado. Más allá del manejo y la disposición adecuados, existe una justa preocupación con respecto al riesgo potencial de contaminación.

Gestión adecuada de la ceniza

La gestión adecuada de la ceniza implica el manejo apropiado desde su generación en el proceso de combustión, hasta su disposición final. Debido a los efectos potencialmente perjudiciales del contacto o aspiración de la ceniza de combustión de los residuos sólidos municipales, la seguridad de los trabajadores debe estar garantizada durante la carga de los vehículos de transporte de ceniza dentro de la unidad de incineración. En el transporte hacia otra localidad, se deben usar vehículos con carrocería cerrada y el proceso de descarga debe garantizar la minimización del levantamiento y escape de polvo y proteger a los trabajadores.

La ceniza de incineración de los residuos sólidos municipales debe ser adecuadamente analizada, para comprobar sus condiciones con respecto a los estándares internacionales aceptados, o a la legislación en caso que compete.

La descarga de ceniza no peligrosa puede hacerse en un relleno municipal para residuos sólidos. Debido a la naturaleza potencialmente peligrosa de la ceniza, el relleno utilizado debe estar equipado con sistemas de impermeabilización y recolección de percolado, además del monitoreo del agua del nivel freático. Este tipo de relleno no sólo es más seguro para el medio ambiente, sino que también reduce los riesgos asociados a futuras remediaciones.

7 Monitoreo y control automático

Dos tendencias recientes, que han tenido un gran impacto en la operación de los hornos incineradores, son las tecnologías de monitoreo y control automático. Casi todos los aspectos del proceso de combustión en la actualidad se pueden monitorear continuamente, desde la temperatura de la cámara de combustión hasta la composición del gas que sale de la chimenea. Existen también dispositivos de control operados por computadora, que pueden activarse al instante por alteraciones en la operación, e introducir la correspondiente acción correctiva.

Todos esos instrumentos han logrado un aumento de la seguridad y la reducción del riesgo ambiental de la instalación de hornos incineradores.

8 Costos de instalación de una usina de incineración

Los factores de costo varían considerablemente de una instalación a otra, y por ello, las estimaciones de costo específicas son difíciles de determinar. Las variables incluyen:

- tamaño (toneladas por día);
- tecnología;
- ubicación (costos de mano de obra y de construcción pueden variar considerablemente);
- tipo de financiamiento;
- tecnología de control de contaminación;
- costo de la disposición de la ceniza.

Costos de capital

Los incineradores modulares (menos de 400 toneladas por día) tienen un costo de capital del orden de US\$100.000 a 130.000 por tonelada de capacidad (economías de escala se reflejan en el valor menor). Instalaciones mayores podrán costar entre US\$ 80.000 a 90.000 por tonelada de capacidad. Estos datos están basados en medias internacionales. Los costos reales pueden cambiar considerablemente según las condiciones específicas de cada localidad.

Costos operacionales

Los costos de operación y mantenimiento también varían sensiblemente en función del tamaño, la localidad y la tecnología usada. La mano de obra es uno de los mayores componentes del costo operacional, y depende de la economía local. Los costos totales de operación y mantenimiento para una unidad de 2 mil toneladas diarias se estiman en US\$ 20 por tonelada anual. Esos costos aumentan progresivamente en la medida en que el tamaño de la planta disminuye.

9 Tipos de instalación para la incineración de los residuos sólidos municipales

Instalaciones para la quema masiva

Los sistemas de quema masiva (o sea, sin pre-tratamiento de los residuos) no utilizan ningún procesamiento previo, más allá de la remoción de partes demasiado grandes. Esos sistemas generalmente tienen dos o tres unidades de combustión, que pueden tener una capacidad de 50 a 1.000 toneladas por día. La capacidad de las plantas, por tanto, va de 100 a 3 mil toneladas por día. Esas instalaciones son construidas en el sitio, y todos los sistemas nuevos poseen cámaras de combustión con paredes de agua para la recuperación de la energía.

Instalaciones modulares

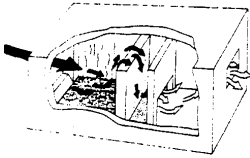
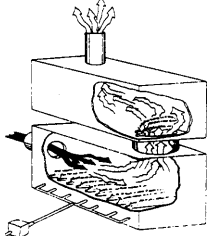
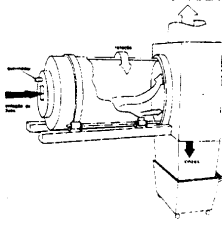
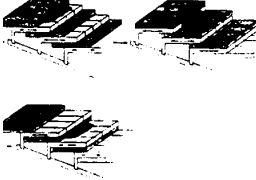
Las instalaciones modulares son pequeñas unidades de quema masiva con capacidad de 5 a 120 toneladas por día, poseyendo la planta en general de una a cuatro unidades, y su capacidad resultante es de 15 a 400 toneladas diarias. En general, esas unidades son construidas en una fábrica, y posteriormente trasladadas al sitio de instalación.

Las tecnologías de incineración por medio de un horno rotativo y aire controlado, son típicamente modulares. La tecnología de aire controlado se describe en el punto 12, debido a su importancia en el tratamiento de los residuos sólidos hospitalarios.

La gama de diseños diferentes existentes en sistemas de incineración, es grande. Ante esta variedad, se debe resaltar que un incinerador sólo es adecuado cuando se hayan probado y aprobado sus niveles de emisión de contaminantes para el aire, el agua y las cenizas. Otros factores, como la inversión inicial, el costo de operación y la generación de energía son importantes, pero se deben considerar complementarios. Más todavía: como los patrones de emisión, en la actualidad, tienden a ser más rigurosos, lo que vale para hoy, podrá considerarse completamente obsoleto para mañana.

El Cuadro 4 compara cuatro tipos de incinerador.

CUADRO 4
Tipos de incinerador

	CÁMARAS MÚLTIPLES	AIRE CONTROLADO	HORNO ROTATIVO	PARRILLAS MÓVILES
				
VENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> • Simples de operar • Viable para pequeños generadores • Eficaz para residuos variados 	<ul style="list-style-type: none"> • Baja emisión de material particulado para ciertos residuos • Requiere poco espacio • Bajo costo inicial 	<ul style="list-style-type: none"> • Muy versátil • Operación simple • Fácil ajuste del tiempo de residencia • Buena reducción de masa 	<ul style="list-style-type: none"> • Permite buena recuperación de energía • Bajo costo inicial • Puede generar poco material particulado
DESVENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> • Mano de obra intensa • No procesa líquidos y lodos • Generalmente no alcanza temperatura adecuada para destruir residuos peligrosos • Alto desgaste refractario 	<ul style="list-style-type: none"> • Puede generar exceso de cenizas • Sensible a variaciones en el residuo 	<ul style="list-style-type: none"> • Alto costo inicial • Genera más material particulado • Elevado exceso de aire 	<ul style="list-style-type: none"> • Inadecuado para residuos variados coneniendo: <ul style="list-style-type: none"> -Plásticos -Pedazos grandes

En la incineración de los residuos sólidos municipales, las tecnologías más utilizadas son:

Horno rotativo: para la generación de hasta 150 t/día de residuos variados, el horno rotativo puede ser una opción. Es considerada la tecnología más versátil para la incineración, por permitir la alimentación de sólidos en formas y tamaños variados, además de residuos pastosos y láminas. El horno rotativo es un equipo simple y de fácil operación, pero genera mayor cantidad de partículas.

Parrillas móviles: los grandes incineradores (de más de 200 t/día) generalmente utilizan cámaras con parrillas móviles perforadas, sobre las cuales el residuo es alimentado continuamente o casi, y desplazado lentamente desde la entrada a la salida. Durante este trayecto ocurren: secado, calentamiento y desprendimiento de materias volátiles, hasta que sólo queden las cenizas. Debajo de estas parrillas es inyectado aire de combustión. El aire entra en contacto con los residuos luego de pasar por las perforaciones, propiciando así una combustión homogénea y, generalmente, autosustentada después del inicio. La zona más caliente queda sobre las parrillas. Los gases y vapores generados son destruidos hacia los 900 - 1.000°C en una región equivalente a la cámara secundaria. El movimiento y la forma de las parrillas varían según el fabricante, pero los objetivos principales son los mismos:

- voltear suavemente el residuo, de modo que toda su superficie quede expuesta al aire de combustión;
- proporcionar aire en cantidad adecuada y distribuida lo más homogéneamente posible;
- minimizar el bloqueo del paso del aire por parte de material aprisionado o en fusión;
- minimizar y simplificar el mantenimiento.

10 Operación y mantenimiento de incineradores

Operación

Tanto por la responsabilidad de proteger el medio ambiente, como por el alto costo del equipo, operar un incinerador correctamente es tan importante como escoger e instalar una unidad adecuada.

La forma de operación de un incinerador es definida en buena parte por el fabricante, y varía caso a caso. Con todo, se considera que algunos puntos fundamentales son válidos para prácticamente cualquier incinerador. Por ejemplo:

- **temperatura:** probablemente es la variable más importante y, en general, se mantiene en el nivel deseado por medio de controladores automáticos. La operación con temperatura por debajo del valor establecido, acarrea la emisión de sustancias tóxicas hacia la atmósfera. En cambio, al operar por encima de lo establecido, se corre el riesgo de dañar seriamente el revestimiento de ladrillos refractarios del incinerador;
- **oxígeno:** la indicación del nivel de oxígeno en la chimenea es esencial para evaluar si la oxidación de compuestos tóxicos se está realizando o no;
- **otros monitores,** como el de monóxido de carbono (CO), deben exigirse toda vez que la presencia de sustancias tóxicas en la chimenea, por encima de ciertos límites, indique el riesgo que dichas sustancias estén pasando por el incinerador sin ser destruidas. En funcionamiento normal, con una inyección de aire adecuada, todo el CO se oxida y produce CO₂.

Mantenimiento

El punto central con respecto al mantenimiento de un incinerador es su revestimiento refractario. Los factores más importantes en el cuidado de ese revestimiento son:

- **temperatura:** operar por encima de la temperatura especificada por el fabricante como límite máximo puede dañar el refractario. Normalmente es controlada automáticamente;
- **operación intermitente:** el calentamiento y el enfriamiento necesitan seguir una velocidad especificada por el fabricante. Aún dentro de estas condiciones, cada parada y arranque representan desgaste y riesgo para el refractario. Por lo tanto, la operación continua (24 horas por día y 7 días por semana) es la mejor opción para extender la vida del revestimiento refractario;
- **evitar** choques mecánicos causados por sólidos duros como, por ejemplo, piezas de metal. Además, evitar el suministro en grandes cantidades de sustancias como sodio (que destruyen gradualmente el revestimiento), es otro punto importante que se debe tener en cuenta.

Documentación

En la planta se deben tener por lo menos cuatro manuales, periódicamente actualizados y aprobados por los encargados. Estos manuales se pueden dividir así:

Proyecto: todas las especificaciones de construcción civil, eléctrica, mecánica, incluyendo un diagrama de procesos e instrumentación, hojas con datos de bombas, válvulas, componentes electrónicos, etc. Estas especificaciones son fundamentales en la elaboración del plano de reposición de piezas por rotura.

Operación: todos los procedimientos operacionales deben estar registrados en forma clara y accesible a los operadores. Este manual debe contener todas las condiciones, tales como diferentes cargas de residuos sólidos, secuencia de parada y arranque, velocidad de enfriamiento y calentamiento, frecuencia y valores aceptables de lectura para las distintas variables del proceso.

Mantenimiento: debe contener detalle de mantenimiento preventivo, lista de piezas de repuesto, procedimientos de calibración de sistemas de control automático, valores establecidos para todas las variables, plano de interrelaciones para todas las condiciones irregulares de operación, valores de prealarma, alarma e interrupción de operación, además del registro de eventos principales, como mantenimiento correctivo, alteraciones de valores establecidos para la interrelación, etc.

Resolución de problemas: cada arranque de una planta que opera en régimen continuo, presenta problemas operacionales en mayor cantidad que durante la operación normal. Es importante tener registrados en un manual estos problemas, sus causas probables y sus soluciones.

Son problemas típicos:

- accionamientos hidráulicos y eléctricos inoperantes;
- ausencia o inestabilidad de la llama en los quemadores;
- corrosión de los revestimientos refractarios.

11 La incineración y la legislación

Como ya se dijo en otras partes, en Uruguay, a nivel nacional rige la Ley 16.466 del 19 de enero de 1994 de Evaluación de Impacto Ambiental y su reglamentación el Decreto 435/994. Dentro de la lista de actividades comprendidas por la ley, relativo al tema residuos sólidos, están explicitados las plantas de tratamiento y disposición final de residuos tóxicos y peligrosos, habiendo un párrafo final que deja abierto la inclusión de otras actividades a juicio del Poder Ejecutivo.

La **legislación brasilera** es más explícita para el tema de usinas de incineración, por lo que a modo ilustrativo, se agrega la siguiente información:

La resolución CONAMA - Consejo Nacional de Medio Ambiente - n° 01 del 23 de enero de 1986, obliga a la realización de Estudio de Impacto Ambiental y Relatorio de Impacto al Medio Ambiente - EIA/RIMA - para incineradores de residuos sólidos municipales cuya capacidad exceda 40 t/día. Para capacidades menores, la elaboración de EIA/RIMA está definida por la respectiva Secretaría de Estado del Medio Ambiente. En la medida en que los municipios se estructuren adecuadamente, estos pueden asumir las funciones, entre otras, de la habilitación ambiental.

La habilitación de un incinerador comprende dos fases: la instalación - en que el proyecto de la unidad es sometido al organismo de control ambiental para análisis y aprobación del proyecto, incluyendo las medidas mitigadoras del impacto ambiental. Mediante aprobación, la habilitación de instalación es emitida pudiendo ser iniciada la construcción del incinerador. Después de la construcción, para la obtención de la habilitación de funcionamiento es preparado por el interesado un "plan de test de quema", que debe ser aprobado por el organismo de control ambiental. Este organismo también evaluará los resultados del test y establecerá las condiciones de operación. Para residuos peligrosos, las exigencias del test de quema constan en la norma técnica brasilera ABNT NBR-1265 (Ver Anexo B).

12 Incineración de los residuos sólidos de los servicios de salud y hospitalarios

La incineración de los residuos sólidos hospitalarios es considerada la mejor alternativa de tratamiento por las razones siguientes:

- reduce drásticamente el volumen del residuo, dejando una pequeña cantidad de cenizas;
- es un proceso simple, a pesar de ser crítico en cuanto a los procedimientos operacionales;
- como desventaja, existe la emisión de compuestos tóxicos, tales como las dioxinas y furanos en caso de que el incinerador no esté proyectado y operado adecuadamente.

La generación de residuos sólidos hospitalarios es casi cien veces menor que la de los residuos sólidos municipales, y en general es suficiente la utilización de incineradores pequeños.

Cabe resaltar que su carácter de residuo peligroso exige un correcto rigor operacional. Además de eso, su contenido energético es mucho mayor que el de los residuos sólidos municipales, de modo que se vuelve atractiva la posibilidad de recuperar energía. El valor medio del poder calorífico de los residuos sólidos hospitalarios es de 21,8 MJ/kg.

En este sentido, a medida que la generación de residuos sólidos hospitalarios aumenta, en la toma de decisión se debe tomar en cuenta:

- la posibilidad de enviarlos a municipios/empresas que posean incinerador;
- la contratación de prestación de servicios, en lugar de comprar equipo;
- la adquisición de una unidad pequeña para tratar los residuos sólidos hospitalarios del propio generador;
- un incinerador grande construido en sociedad, y que pueda prestar servicio a otros generadores.

Los residuos sólidos hospitalarios varían siempre de composición, en especial por estar constituidos de sobras y por tener procedencia heterogénea. El proceso de incineración puede verse seriamente afectado por esta variabilidad del residuo y sus envases.

Una vez que en el proyecto del incinerador se haya definido cuál deba ser la composición de los residuos que se deben incinerar, el organismo de control ambiental exigirá un plan mínimo de monitoreo, que se vuelve más complejo y costoso a medida que se deseen incinerar sustancias más peligrosas, en mayor cantidad y variedad.

Por tal motivo, al planificarse un ensayo de quema, es importante establecer el equilibrio entre la versatilidad en la aceptación de diferentes residuos, y el rigor en la selección durante su recepción (tipo y frecuencia de análisis y criterios de aceptación).

En los residuos sólidos hospitalarios pueden encontrarse sustancias peligrosas, como acetona, metanol, xileno e, inclusive, metales tóxicos provenientes de baterías retiradas de equipos electrónicos. Algunos metales pesados son extremadamente tóxicos para el ser humano, y exigen un tratamiento especial.

La admisión de residuos con composición muy diferente de la esperada, puede causar problemas de distinta gravedad, tales como:

- contaminación de la corriente gaseosa, líquida y/o de las cenizas. Ej.: metales pesados;
- daño al revestimiento refractario y a las parrillas. Ej.: exceso de sustancias con PCI elevado (polietileno), exceso de flúor, vidrios, etc.;
- explosiones. Ej.: explosivos y sustancias inestables muy reactivas;
- desgaste del revestimiento refractario. Ej.: alta cantidad de sodio (sal de cocina);
- corrosión. Ej.: alta cantidad de azufre y/o cloro (sulfatos, sal de cocina, PVC);
- combustión incompleta. Ej.: sólidos en pedazos grandes (trozos de madera, vidrios, yeso ortopédico);
- consumo excesivo de combustible. Ej.: residuo muy húmedo (los residuos sólidos urbanos generalmente contiene más del 40% de agua);
- generación de monóxido de carbono (CO) y partículas en exceso. Ej.: PCI alto y variable, cuando se alternan plásticos y material anatómico (órganos y tejidos de cirugías) de los residuos sólidos hospitalarios.

Incineración de los residuos sólidos hospitalarios

Los residuos sólidos hospitalarios generalmente se dispone en bolsas plásticas (Capítulo III), que se introducen manualmente en pequeños incineradores.

Los tipos de incineradores más usados son:

Cámaras múltiples: consisten básicamente en dos cámaras en serie, separadas por una trampa para la decantación de partículas. Como regla, sólo en la segunda cámara se mantiene un quemador para garantizar las condiciones típicas de combustión secundaria.

Aire controlado: este tipo de incinerador opera, en su cámara primaria, con inyección de una cantidad de aire menor del necesario para la combustión completa, de modo que la quema se vuelve lenta y con poca generación de partículas. Luego, en la segunda cámara los gases son calentados hasta 900 - 1.000 grados, destruyendo así los compuestos tóxicos. La energía generada en la quema puede volver innecesario el uso de combustible auxiliar durante la operación manual. La pureza de los gases de combustión dependerá de la homogeneidad del residuo suministrado.

En cuanto al tamaño del incinerador, se considera que entre 0,5 t/día y 20 t/día existen muchas alternativas para la selección de uno adecuado.

Dos factores estratégicos son esenciales, para decidir si se instala un incinerador:

- la inversión es alta, pudiendo llegar a más de 2 millones de dólares para unidades de 20 t/día;
- el costo del transporte de los residuos es pequeño, en comparación con el costo de un horno de incineración, de modo que puede ser preferible incinerar en unidades distantes más de 100 km.

Ciudades con hasta 50 mil habitantes pueden utilizar incineradores pequeños, con capacidad de 0,5 t/día, para destruir sus residuos sólidos hospitalarios. En este sentido, en caso de que sea necesario aumentar la capacidad, se pueden adquirir nuevos módulos idénticos, y aprovechar los conocimientos de operación y mantenimiento.

Los municipios con población de 50 a 500 mil habitantes y con eventual necesidad de destruir residuos más variados, como los industriales, pueden considerar la posibilidad de incinerar en un horno rotativo con capacidad de 5 t/día.

Otras formas de tratamiento de los residuos sólidos hospitalarios

Esterilización a vapor (en autoclaves)

Es un método de tratamiento también ampliamente utilizado para la descontaminación de los residuos microbiológicos y otros de laboratorio, antes de su disposición final, principalmente usado en los Estados Unidos. Como es un proceso que, para ser eficiente, debe permitir la penetración del vapor y la conducción del calor por toda la masa que se debe esterilizar, se vuelve inadecuado para el tratamiento de grandes volúmenes de residuos, debido a que el «estado físico y el espesor del material que debe ser tratados en autoclave, son factores determinantes para la efectiva ejecución del proceso».

El uso de autoclave exige el desarrollo de una tecnología razonablemente compleja, y por tanto debe ser operado por un personal entrenado. Los residuos así tratados, deben ir al relleno sanitario y jamás ser reciclados, pues no hay garantía de destrucción de los organismos patógenos.

Desinfección química

Es un proceso en el cual los residuos son sumergidos en una solución química desinfectante, que destruye los agentes infecciosos. Los residuos líquidos son despejados en sistemas de goteo, y los residuos sólidos resultantes son llevados al relleno sanitario. Las recomendaciones para su uso se refieren más a la desinfección de utensilios y superficies, que de los mismos residuos, debiendo ser necesario, para mayor garantía, un monitoreo de cada lote de los productos utilizados. El mayor inconveniente es que este proceso deja unos residuos tanto o más peligrosos para el medio ambiente, que los residuos sólidos tratados.

Inactivación térmica

Es un proceso de calentamiento de los residuos sólidos a temperaturas que destruyen grandes volúmenes de residuos líquidos. Se colocan sobre una llama, a temperaturas preestablecidas, por un período de tiempo específico.

Esterilización por gases

El uso de gases en el tratamiento de residuos es posible, pero los riesgos asociados al óxido de etileno utilizado en el proceso, desaconsejan esta técnica. Por estos riesgos, es un método que requiere toda una estructura especial de servicio para su realización.

Radiaciones ionizantes

Es una tecnología reciente para el tratamiento de los residuos, que utiliza rayos gama, a partir de cobalto 60 y ultravioleta, para destruir los microorganismos infecciosos. En los Estados Unidos, el uso de rayos gama es semejante a la técnica empleada para la esterilización de alimentos y otros productos de consumo. La radiación ultravioleta es más empleada en el tratamiento de aguas residuales.

Uso de microondas

La utilización de microondas para destruir agentes infecciosos está siendo empleada con éxito en algunos servicios sanitarios de Europa. Es un proceso novedoso, todavía poco conocido.

La legislación brasilera y la incineración de los residuos sólidos hospitalarios

La Resolución CONAMA n° 06 del 19/09/91 desobliga la incineración de los residuos sólidos hospitalarios y determina que los organismos estatales establezcan las normas para su tratamiento y disposición.

La Resolución CONAMA n° 01 del 23/01/86 obliga la realización de Estudios de Impacto Ambiental y Relatorio de Impacto al Medio Ambiente para incineradores de residuos sólidos hospitalarios cuya capacidad exceda 40 t/día. Para capacidades menores, la necesidad de elaboración de EIA/RIMA está definida por la respectiva Secretaría de Estado del Medio Ambiente.

La incineración de residuos peligrosos está reglamentada por la norma técnica brasilera ABNT NBR-1265, que excluye los residuos peligrosos por patogenicidad e inflamabilidad.

De acuerdo a la norma técnica ABNT NBR-10004, el residuo hospitalario solamente estará tipificado como peligroso por su toxicidad y/o patogenicidad. (Ver Capítulo II, 2.3).

En el estado de San Pablo, el proyecto de norma técnica de CETESB E 15.011 se aplica a incineradores de residuos infecciosos provenientes de establecimientos de salud, puertos y aeropuertos, cuya capacidad sea menor o igual a 1.000 kg/h.

TABLA 1
Valores máximos de emisión según norma técnica CETESB E 15.011
San Pablo

HF	5 mg/Nm ³
CO	125 mg/Nm ³
SO ₂	1.200 mg/Nm ³
Material particulado	150 mg/Nm ³
Dioxinas	0,14 mg/Nm ³
Cadmio y mercurio	0,28 mg/Nm ³
Arsénico y níquel	1,4 mg/Nm ³
Plomo y cromo	7 mg/Nm ³

Esta norma establece que el test de quema debe ser realizado:

- con capacidad máxima del incinerador;
- antes de entrar en operación normal;
- cuando se desea alterar sus condiciones de operación.

Durante este test para sistemas con capacidad de hasta 200 kg/h, son especificados los valores máximos de emisión a la atmósfera de compuestos, como, por ejemplo, muestra la Tabla 1.

Exige además, la existencia de indicadores de temperatura, presión, oxígeno, monóxido de carbono y registradores, según la capacidad del sistema. También son exigidos mecanismos automáticos de bloqueo de la alimentación cuando situaciones anormales ocurren, como, por ejemplo:

- baja temperatura en las cámaras;
- ausencia de llama en cualquier quemador;
- presión positiva en las cámaras de combustión;
- falta de energía eléctrica o caída de tensión;
- mal funcionamiento del registro de temperatura.

Referencias

- 1 ACHARYA, p. ET AL. Factors that can influence and control the emissions of dioxins and furans from hazardous wastes. J. Waste Manage. Ass., v.41, p.12, Dec. 1991.
- 2 BRUNNER, C.R. Handbook of incineration systems. New York: Mc Graw-Hill, 1991.
- 3 BRUNNER, C.R. Hazardous air emissions from incinerators. New York: Chapman and Hall, 1985.
- 4 DELLINGER, H.B. et al. Evaluation of the origin, emissions and control of organic and metal compounds from cement kilns co-fired with hazardous wastes. Scientific Advisory Board. June 8, 1993.
- 5 ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Decision-makers guide to solid waste management. 1989.
- 6 FREEMAN, H.M. Standard handbook of hazardous waste treatment and disposal. New York: Mc Graw-Hill, 1989.
- 7 GROVE, N. Recycling Official Journal of the National Geographic Society, Washington, v.186, n.1, p.94-115, July 1994.
- 8 MANDELLI, S.M.C. et al. Tratamento de resíduos sólidos - Compêndio de Publicações. Universidade de Caxias do Sul, 1991.
- 9 MANTUS, E.K., et al. All fired up: burning hazardous waste in cement kilns. S.I.: Environmental Technology International, 1992.
- 10 NIESSEN, W.R. Combustion and incineration processes - Applications in environmental engineering. New York: Marcel Decker.
- 11 PERRY, R.H., CHILTON, C.H. Chemical Engineer's Handbook. 5. Ed. S.I.: Mc Graw-Hill Kogakusha, 1973.
- 12 REINHARDT, P.A., GORDON, J.G. Infectious and Medical Waste Management. S.I.: Lewis Publishers, 1991.
- 13 ROSS, R., Mc GOWAN, T. Hazardous waste incineration is going mobile. Chemical engineering Magazine, Oct. 1991.
- 14 TCHOBANOGLOUS, G. et al. Solid waste: engineering principles and management issues. New York: Mc Graw-Hill, 1977.
- 15 VOGEL, G.A., MARTIN, E.J. Estimating capital costs of facility components. Chemical engineering Magazine, Nov. 28, 1983.
- 16 PUBLIC Cleaning Services in Tokyo, 1992. Bureau of Public Cleansing Tokyo Metropolitan, 1993.
- 17 ZULAUF, W. Informaciones personales. São Paulo, 1994.
- 18 REPUBLICA DE VENEZUELA (1.992). Decreto 2.211, Normas para el Control y Manejo de los Desechos Peligrosos. Gaceta oficial No. 4.418 Extraordinario del 23 de abril de 1.992.
- 19 INTENDENCIA MUNICIPAL DE MONTEVIDEO. Departamento Desarrollo Ambiental. División Disposición Final. Informaciones personales.
- 20 ANÁLISIS SECTORIAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN URUGUAY, Serie Análisis Sectoriales N° 7, Plan Regional de Inversiones en Ambiente y Salud. Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud - Dirección Nacional de Medio Ambiente - Agencia de la República Federal Alemana para la Cooperación Técnica (GTZ) - Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Marzo 1996.

CONSIDERACIONES FINALES

Los profesionales de la edición original brasileña que contribuyeron con la realización de este Manual consideraron oportuno la transcripción de los compromisos asumidos por los prefectos y representantes municipales reunidos en el REMAI'91 - I Encuentro de Prefectos de Metrópolis Latino Americanas*.

Estos compromisos los constituyeron en las recomendaciones finales del Manual.

COMPROMISOS

1. Implementar programas que estimulen la disminución de generación de residuos;
2. Implementar investigaciones de tecnologías no agresivas al medio ambiente y compatibles con la realidad socioeconómica latinoamericana;
3. Adoptar programas que aseguren la recuperación y descontaminación de áreas degradadas;
4. Desarrollar programas de educación ambiental, con énfasis en la cuestión de producción y tratamiento de los residuos;
5. Minimizar la disposición de residuos, estableciendo programas de preselección, reciclaje y reutilización;
6. Implantar unidades de disposición final de residuos, con tecnologías que minimicen los impactos ambientales;
7. Asegurar control adecuado en el transporte y transbordo de residuos y materiales peligrosos;
8. Apoyar la adopción de programas de cooperación horizontal y vertical entre las esferas de gobierno, especialmente las iniciativas de articulación entre municipios;
9. Actualizar la tasa de limpieza urbana buscando el financiamiento integral de la recolección y disposición final de los residuos sólidos domiciliarios;
10. Implantar un sistema funcional de fiscalización y control ambiental, aplicando sanciones a las descargas clandestinas y a la disposición inadecuada de residuos;
11. Elaborar un Plan Director de Gestión de Residuos Sólidos;
12. Reconocer y disciplinar la clasificación ambulante de materiales reciclables.

(*) Carta de San Pablo sobre Gestión y Tecnologías de Tratamiento de Residuos - Encuentro de Prefectos de Metrópolis Latinoamericanas sobre Gestión de Residuos, 1, Documento síntesis REMAI'91, p. 25-27, San Pablo, Brasil mayo de 1992.

ANEXO A

MARCO LEGAL

E

INSTITUCIONAL

1. Introducción

La legislación ambiental uruguaya ha avanzado mucho en los últimos años. La creación de un ministerio específicamente competente en la materia ambiental, la aprobación de la Ley de Evaluación del Impacto Ambiental y la reciente reforma constitucional son hitos trascendentes pero ciertamente muy recientes.

Aun queda bastante por hacer. Prueba de ello puede ser el tema que específicamente nos ocupa, ya que la normativa sobre residuos sólidos y desechos en general es escasa y dispersa. Si bien la propia naturaleza del objeto de estudio y regulación hace indispensable conocer las normas relacionadas tanto con los agentes impactantes y las actividades humanas, como las que protegen la calidad de ciertos recursos ambientales, no existe todavía en Uruguay una clara disciplina jurídica de la generación, manejo y disposición de los residuos sólidos y de los desechos en general.

Por ello, en este anexo habremos de abordar en primer lugar, una descripción de la organización institucional ambiental, genéricamente considerada, tanto a nivel nacional como departamental; para luego adentrarnos en la legislación propiamente dicha.

En segundo término, el análisis se realizará encarando los principales aspectos de la legislación ambiental uruguaya, ya sea con relación a la protección del ambiente en general, como las normas específicamente vinculadas a los desechos, respecto del agua y el aire, la evaluación del impacto ambiental y, finalmente, el régimen de sanciones y responsabilidades.

En tercer y último lugar, se presentará un listado de rápida consulta de la legislación ambiental nacional, en un conjunto seleccionado de temas.

2. La organización institucional ambiental

2.1. Nivel nacional

Desde 1971 y hasta 1990, el espacio institucional de la gestión ambiental estuvo dominado por una dispersión de atribuciones en distintos órganos de la Administración Central, con un bajo grado de coordinación y la inexistencia de una política ambiental nacional formulada en forma explícita.

En ese período funcionó, adscripto al Ministerio de Educación y Cultura, el Instituto Nacional para la Preservación del Medio Ambiente (INPMA), creado por la Ley 14.053 del 30 de diciembre de 1971, como un órgano de carácter consultivo y de asesoramiento a los poderes del Estado, con objetivos y competencias muy amplios y difusos aunque pioneros en América Latina.

El Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA), fue creado por la Ley 16.112 del 30 de mayo de 1990, como el doceavo ministerio integrante del Poder Ejecutivo, en la órbita de la Administración Central del Gobierno Nacional.

La ley que lo estableció, le encomendó al MVOTMA la ejecución de la política nacional de medio ambiente que el Poder Ejecutivo determine (artículo 2°). Ver Cuadro 1.

CUADRO 1
Cometidos del Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente

- La formulación, ejecución, supervisión y evaluación de los planes nacionales de defensa del ambiente y la instrumentación de la política nacional en la materia (artículo 3° numeral 7);
- la coordinación con los demás organismos públicos, nacionales y departamentales, en la ejecución de sus cometidos (artículo 3° numeral 8);
- la celebración de convenios con personas públicas y privadas, nacionales o extranjeras, para el cumplimiento de sus cometidos (artículo 3° numeral 9);
- la relación con los organismos internacionales de su especialidad (artículo 3° numeral 10);
- el control de las actividades públicas y privadas en cuanto al cumplimiento de las normas de protección ambiental, pudiendo sancionar con multas a los infractores (artículo 6°); y,
- la adopción de aquellas medidas tendientes a suspender o hacer cesar los actos que afecten el medio ambiente, tanto sea de contaminación del aire, como del agua o similares, pudiendo requerir el auxilio necesario del Ministerio del Interior o de la Prefectura Nacional Naval (artículo 453 de la Ley 16.170 del 28 de diciembre de 1990).

Desde punto de vista organizativo, la Ley 16.134 del 24 de setiembre de 1990, asignó el cumplimiento de las tres grandes áreas de competencia del MVOTMA, a sendas unidades ejecutoras desconcentradas: la Dirección Nacional de Vivienda, la Dirección Nacional de Ordenamiento Territorial y la Dirección Nacional de Medio Ambiente.

La Dirección Nacional de Medio Ambiente (DINAMA) tiene entre sus cometidos sustantivos los del Decreto 257/997 del 30 de julio de 1997. Ver Cuadro 2.

CUADRO 2
Cometidos de la Dirección Nacional de Medio Ambiente

- Formulación, ejecución, supervisión y evaluación de los planes para:
- medir y evaluar el estado de la calidad de los recursos ambientales: hídricos, aire y ecosistemas, incluyendo áreas naturales protegidas y zonas costeras;
 - prevenir el impacto ambiental de las actividades humanas, incluyendo el fomento de la conciencia ambiental; y,
 - controlar la actividades públicas o privadas que incidan en la calidad de los recursos ambientales.

En mérito a la reciente reformulación de las estructuras organizativas de la Administración Central, la DINAMA cuenta dos asesorías, tres divisiones y nueve departamentos técnicos, según se describe en la Figura 1.

En la práctica el proceso de reforma de la estructura lleva un tiempo de instrumentación, por lo que hacemos mención a la estructura anterior de la DINAMA en la Figura 2.

Asimismo, se previó que el MVOTMA constituyera en su seno (artículo 10 de la Ley 16.112), una comisión técnica asesora de la protección del medio ambiente, integrada por delegados de organismos públicos e instituciones privadas, entre los cuales específicamente

FIGURA 1
**Organigrama de la Dirección Nacional de Medio Ambiente
 (Julio 1997)**

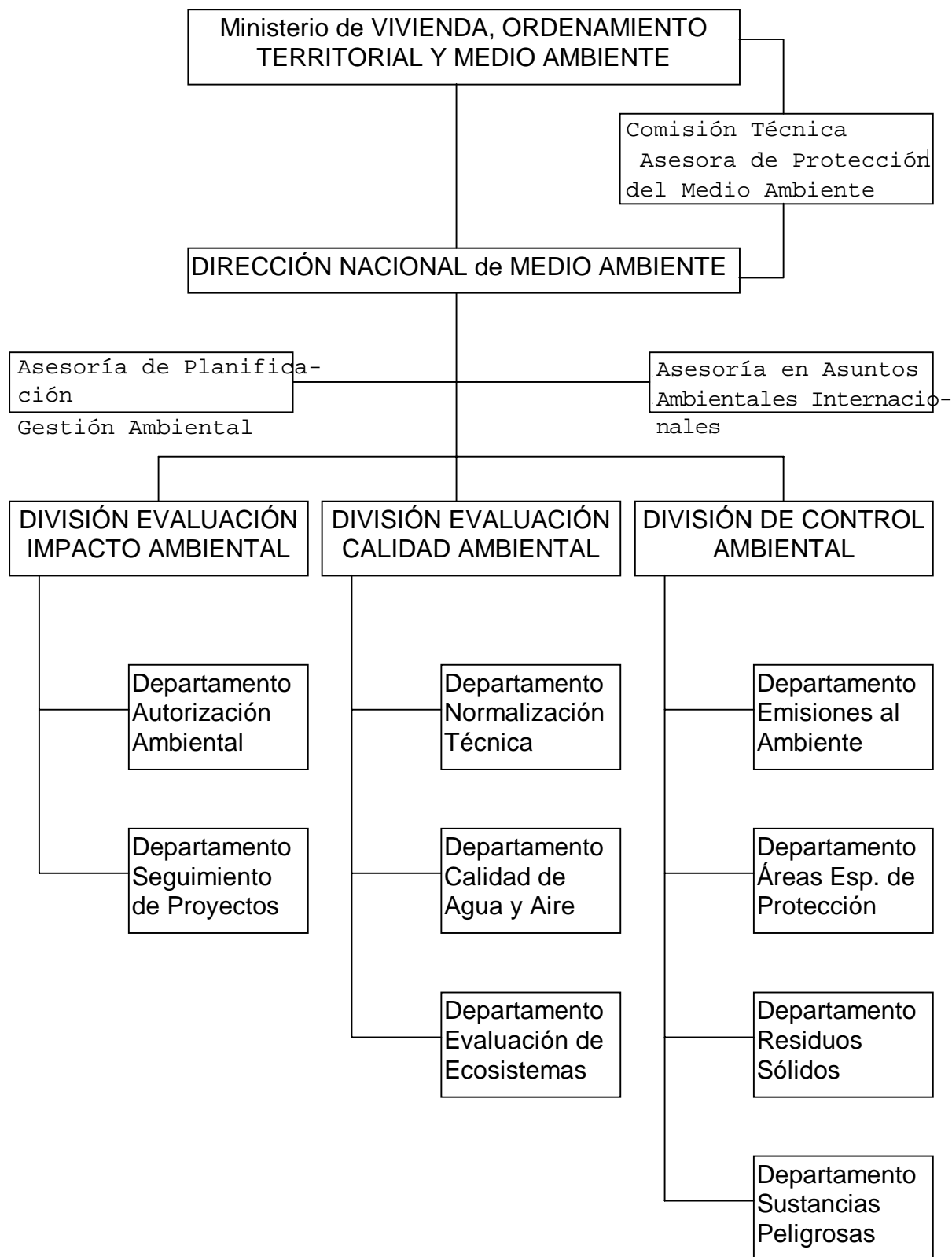
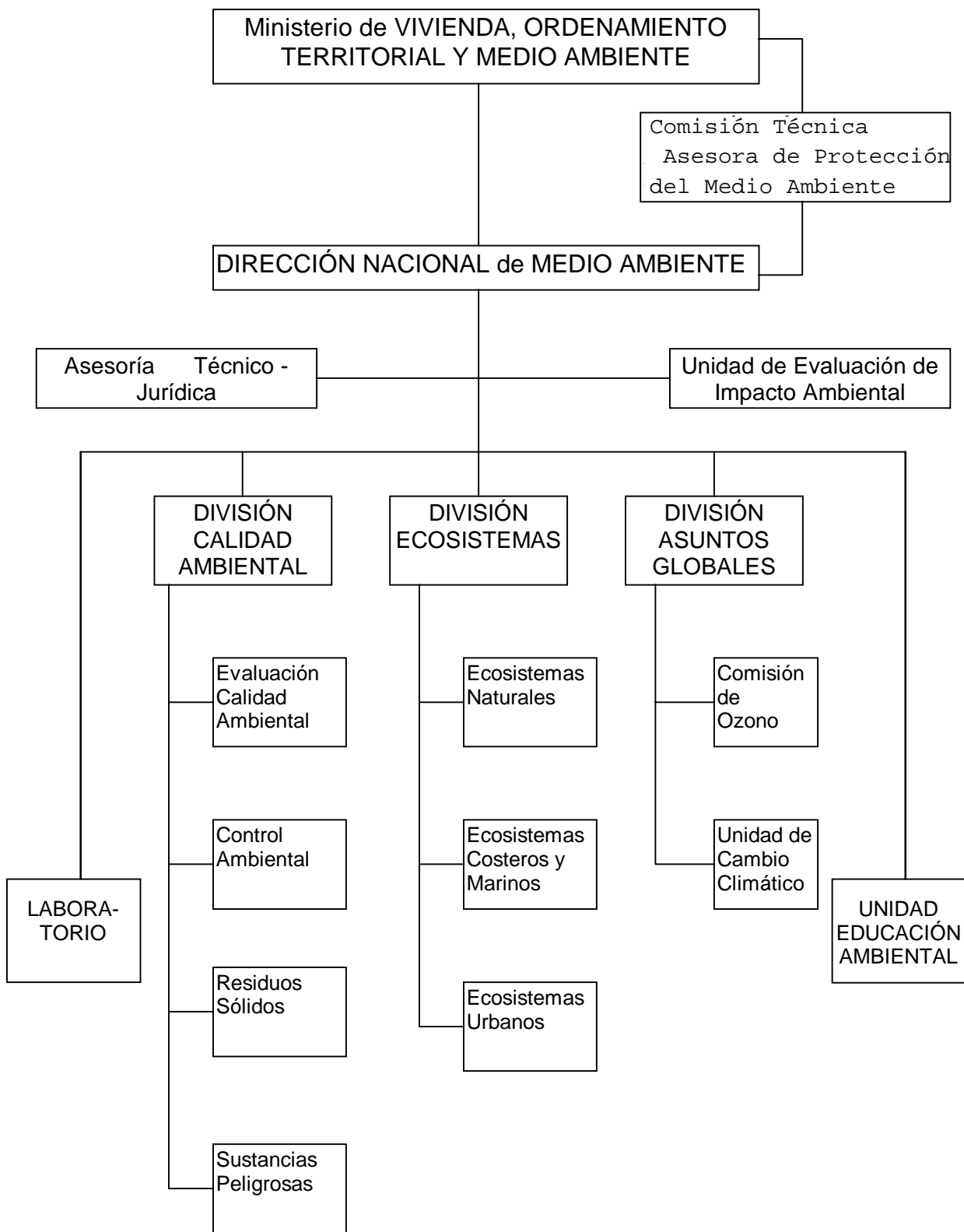


FIGURA 2
Organigrama anterior a julio de 1997 de la Dirección Nacional de Medio Ambiente



se preveían, la Universidad de la República y el Congreso Nacional de Intendentes Municipales. El establecimiento, integración y funciones de la Comisión Técnica Asesora de la Protección del Medio Ambiente (COTAMA), se concretó por Decreto 261/993 del 4 de junio de 1993 (con las modificaciones introducidas por el Decreto 303/994 del 28 de junio de 1994); formalizando así, un ámbito de consulta, asesoramiento y coordinación, dada su amplia integración interinstitucional.

2.2 Nivel departamental

Aun cuando posee una estructura unitaria, en nuestro país existen los Gobiernos Departamentales, como entes descentralizados asentados en circunscripciones territoriales de origen político-administrativo, con características autonómicas intermedias entre los municipios tradicionales y las provincias o estados de los países federales.

De creación constitucional, compuestos por un órgano ejecutivo (Intendente Municipal) y otro legislativo (Junta Departamental), los gobiernos departamentales se encuentran regulados por la Ley 9.515 del 28 de octubre de 1935, denominada Ley de Administración de los Departamentos o Ley Orgánica Municipal (LOM).

La Constitución de la República le asigna a los gobiernos departamentales el Gobierno y la Administración de los Departamentos, con excepción de los servicios de seguridad pública, dando a sus normas generales el carácter de «fuerza de ley en su jurisdicción». Sin embargo, la LOM no delimita clara y terminantemente la materia departamental, produciéndose vacíos o superposiciones entre las competencias nacionales y departamentales.

Como consecuencia de ello, los gobiernos departamentales han desempeñado históricamente, importantes competencias típicamente ambientales o vinculadas a la protección ambiental, con criterios diversos y sin la conciencia integral de que lo eran. Ver Cuadro 3.

CUADRO 3
Cometidos ambientales asumidos
por los gobiernos departamentales

- La planificación urbana y, generalmente por exclusión, el ordenamiento suburbano y rural;
- las áreas verdes y los paseos públicos urbanos;
- la reglamentación de la construcción en general;
- el emplazamiento y funcionamiento de locales industriales y comerciales;
- la recolección y la disposición de los residuos sólidos y, en general, lo relativo a la limpieza de las calles y sitios de uso público;
- los aspectos relacionados al transporte y la circulación vehicular, especialmente en la zona urbana de cada departamento; y,
- la sanidad y el bienestar social, especialmente a través de una concepción higienista o bromatológica.

Exclusivamente en Montevideo, le ha correspondido al gobierno departamental, lo relacionado con la infraestructura de saneamiento urbano (numeral 20 del artículo 35

de la Ley 9.515 y literal b del artículo 21 de la Ley 11.907 del 19 de diciembre de 1952, Ley de creación de la Administración Nacional de las Obras Sanitarias del Estado).

La reciente reforma de la Constitución de la República, por Ley Constitucional plebiscitada el 8 de diciembre de 1996 y promulgada el 14 de enero de 1997, además de declarar de interés general la protección del ambiente (artículo 47), introdujo algunos cambios a nivel inter e intradepartamental (artículo 262) que, aunque no específicamente vinculados a la materia ambiental, deben ser considerados por su relevancia general.

Así, el nuevo texto diferencia entre la autoridad departamental y la local. Esta última podrá existir en «toda población que tenga las condiciones mínimas que fijará la ley y, una o más, en la planta urbana de las capitales departamentales, si así lo dispone la Junta Departamental a iniciativa del Intendente».

El artículo comete a la ley, el establecimiento de la «materia departamental y la municipal», utilizando este último término para designar a lo local.

La misma norma, constitucionaliza el Congreso de Intendentes, como una instancia de coordinación de políticas de los gobiernos departamentales, con la facultad de celebrar convenios con el Poder Ejecutivo, los Entes Autónomos y los Servicios Descentralizados, para la organización y la prestación de servicios y actividades propias o comunes, tanto en los respectivos territorios, como en forma regional o interdepartamental.

Cabe reiterar que ya antes de su reconocimiento constitucional, la Ley de creación del MVOTMA (artículo 10) había previsto, que dicha Secretaría de Estado constituyera en su seno, una Comisión Técnica Asesora de la Protección del Medio Ambiente (COTAMA), integrada por delegados de organismos públicos y privados, entre los cuales específicamente se señalaba el Congreso Nacional de Intendentes Municipales.

3. Principales aspectos de la legislación ambiental uruguaya

3.1 Protección del ambiente en general

En términos generales, la protección integral del ambiente bajo una concepción global y holística, a nivel jurídico, aparece con la aprobación de la Ley 16.466 del 19 de enero de 1994 (conocida como Ley de Evaluación del Impacto Ambiental o EIA). Dicha norma, además de instituir en el Derecho uruguayo un régimen general de EIA, establece:

- una declaración de interés general y nacional respecto de la protección del medio ambiente, contra cualquier tipo de depredación, destrucción o contaminación, así como la prevención del impacto ambiental negativo o nocivo y, en su caso, la recomposición del medio ambiente dañado por actividades humanas (artículo 1°); y,
- el deber fundamental de toda persona física o jurídica, de abstenerse de todo acto que cause impacto ambiental que se traduzca en depredación, destrucción o contaminación graves del medio ambiente (artículo 3°).

Adicionalmente, con la aprobación del Protocolo a la Convención Americana sobre Derechos Humanos (Protocolo de San Salvador), se establece que «toda persona tiene derecho a vivir en un medio ambiente sano y a contar con los servicios públicos básicos» (artículo 11), agregando que «los Estados Partes promoverán la protección, preservación y mejoramiento del medio ambiente» (aprobado por Ley 16.519 del 22 de julio de 1994).

A nivel legislativo y a texto expreso entonces, se consagraron tanto el derecho de los habitantes como el deber fundamental de toda persona respecto de la protección del ambiente. A ello vino a sumarse la norma máxima que prevé nuestro sistema democrático, siguiendo lo que ha sido una tendencia especialmente generalizada en América Latina.

En efecto, el nuevo artículo 47 de la Constitución de la República de 1967, en la redacción dada por la Ley Constitucional promulgada el 14 de enero de 1997, establece que la

protección del medio ambiente es de interés general, que las personas deberán abstenerse de cualquier acto que cause depredación, destrucción o contaminación graves del medio ambiente; agregando que la ley reglamentará dicha disposición, pudiendo prever sanciones para los transgresores.

Por tanto, quedó abierto el camino para que, con un importante sustento jurídico y político, se proceda a la elaboración de una «ley marco» o «ley general del ambiente», hasta ahora inexistente en el país.

3.2 La normativa sobre desechos

No existe en la legislación uruguaya, un régimen general en materia de desechos o residuos.

Solamente la Ley Orgánica Municipal (literal «e» del numeral 24 del artículo 35) establece que corresponde a los gobiernos departamentales, la extracción de basuras domiciliarias y su traslación a puntos convenientes para su destrucción, transformación o incineración; así como, en general, proveer lo relativo a la limpieza de las calles y sitios de uso público.

No quedan directamente comprendidos en esos cometidos, los relacionados con la regulación y manejo de otros desechos sólidos urbanos no domiciliarios, como los industriales y los hospitalarios y específicamente los desechos peligrosos.

De conformidad con un relevamiento realizado por la DINAMA («1er. Taller Nacional de Responsables en el Área de Residuos Sólidos Urbanos», MVOTMA, OPS/OMS, AIDIS/Uruguay, Balneario Solís, 1995), sólo seis departamentos contaban con normas generales y varios de ellos con proyectos a estudio.

Recordemos que en la materia, nuestro país aprobó el Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación, por Ley 16.221 del 21 de octubre de 1991, y, consecuentemente designó por Decreto 499/992 de 13 de octubre de 1992, a la Dirección Nacional de Medio Ambiente del Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente, autoridad nacional competente y punto de contacto para su aplicación.

Por su parte, ya el Decreto 252/989 de 30 de mayo de 1989, prohibió la introducción en cualquier forma o bajo cualquier régimen en las zonas sometidas a la jurisdicción nacional, de todo tipo de desechos peligrosos. Excepcionalmente puede autorizarse por el Poder Ejecutivo su introducción o tránsito cuando estén destinados a operaciones de recuperación, reciclado o reutilización de recursos dentro de las condiciones adecuadas que aseguren la protección de la salud humana o del medio ambiente y previo informe favorable del MVOTMA.

Adicionalmente, el artículo 229 de la Ley 16.320 de 11 de noviembre de 1992, prohibió -sin excepción alguna- el tránsito y la disposición final de residuos radioactivos provenientes de terceros países, en todo el territorio nacional.

3.3 Calidad de aguas

La Ley Orgánica Municipal, estableció en materia de calidad de aguas, algunos cometidos de los gobiernos departamentales (artículo 35):

- ejercer la policía higiénica y sanitaria de las poblaciones, siendo de su cargo, «la vigilancia y demás medidas necesarias para evitar la contaminación de las aguas» (literal «c» del numeral 24);
- «velar por la conservación de los pasos y calzadas de ríos y arroyos» (numeral 21); y,
- administrar «los servicios de saneamiento» (numeral 20), en la medida en que las leyes especiales organizaran la transferencia de dichos servicios a los municipios.

En mérito a ello, eventualmente pudieron existir en el Uruguay numerosos regímenes normativos generales de alcance únicamente departamental, con absoluta prescindencia que el recurso hídrico tuviera el carácter de multi-departamental. Sin embargo, ya la propia Ley Orgánica Municipal otorgaba esas atribuciones a los gobiernos departamentales, «*sin perjuicio de la competencia que corresponda a las autoridades nacionales y de acuerdo con las leyes que rigen en la materia*» (numeral 24 del artículo 35).

Así, la Ley 11.907 del 19 de diciembre de 1952, norma de creación de la Administración de las Obras Sanitarias del Estado (OSE), le otorgó la facultad de ejercer el «*contralor higiénico de todos los cursos de agua que utilice directa o indirectamente para la prestación de sus servicios*» (artículo 2º), en virtud que entre sus cometidos tiene el de prestar los servicios de agua potable y de alcantarillado, con excepción del saneamiento correspondiente al departamento de Montevideo.

Con la aprobación del Código de Aguas (Decreto-Ley 14.859 del 15 de diciembre de 1978), parecieron concentrarse las principales competencias en el Poder Ejecutivo, como autoridad nacional en materia de aguas (artículo 3º); aunque «*sin perjuicio de las atribuciones que competen a otros organismos públicos*».

El autor de este Anexo entiende que el Código de Aguas a la vez de definir las competencias nacionales en calidad de aguas, deja a salvo las correspondientes a los gobiernos departamentales, aunque sujetas o subordinadas a los criterios que de las primeras se deriven.

Dicho cuerpo normativo contiene fundamentalmente disposiciones de corte patrimonialista, que definen los límites, los derechos y las obligaciones a las que se encuentran sometidos los propietarios y usuarios o titulares de permisos o concesiones de usos de aguas del dominio público o privado, según corresponda.

Una mención aparte requiere la situación particular de las aguas superficiales destinadas a fines agropecuarios, también reguladas por el Decreto-Ley 15.239 del 23 de diciembre de 1981 (conocido como Ley de Conservación de Suelos y Aguas), reglamentado por el Decreto 284/990 del 21 de junio de 1990; y, la reciente Ley de Riego (Ley 16.858 del 3 de setiembre de 1997).

En lo que más nos interesa, también en materia de calidad de las aguas, el régimen jurídico se centra en el Código de Aguas (Decreto-Ley 14.859 del 15 de diciembre de 1978), que en este aspecto deroga el Título III del viejo Código Rural (Ley 1.259 del 17 de julio de 1875) y algunas normas de menor importancia.

El principio general establecido en el artículo 144 del Código de Aguas, prohíbe la introducción a las aguas o la colocación en lugares desde los cuales puedan derivar hacia ellas, sustancias, materiales o energía susceptibles de poner en peligro la salud humana o animal, deteriorar el medio ambiente natural o provocar daños. A vía de excepción, el artículo 145 habilita al MVOTMA, a permitir las actividades contenidas en la prohibición, «cuando el cuerpo receptor permita los procesos naturales de regeneración o cuando el interés público en hacerlo sea superior al de la conservación de las aguas», adoptando las medidas necesarias para prevenir el daño o advertir el peligro.

Todo ello fue dispuesto por el Decreto 253/979 del 9 de mayo de 1979 y sus modificativos, cuyo título es verdaderamente representativo de su alcance («Se aprueban normas reglamentarias para prevenir la contaminación ambiental mediante el control de las aguas»). Genéricamente, el decreto reglamentario estableció los criterios de clasificación de los cuerpos receptores, así como los estándares de calidad de los cursos de agua y los límites de vertido a los que deben ajustarse los efluentes, además de la Autorización de Desagüe Industrial (ADI), como mecanismo administrativo de aplicación.

Específicamente, dicho decreto refiere a las Intendencias Municipales como intermediario en la tramitación de la ADI (artículo 29) y como operadoras de las actividades de control (artículo 30).

Apuntemos que originalmente, con la aprobación del Código de Aguas, se designó como «Ministerio competente» (artículo 201 del propio Código), al Ministerio de Transporte y Obras Públicas, dado que no existía en aquel momento un organismo dentro del

Poder Ejecutivo que unificara las competencias en materia ambiental.

Después de la creación del Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente en 1990, el artículo 457 de la Ley 16.170 del 28 de diciembre de 1990, transfirió a la nueva Secretaría de Estado, las atribuciones asignadas al «Ministerio competente» por el Código de Aguas, en lo relativo a la calidad de las aguas (especialmente, artículos 4º, 6º y 144 a 148), manteniendo al Ministerio de Transporte y Obras Públicas, en el resto de los cometidos relacionados con la cantidad (uso y administración) de las aguas.

3.4 Calidad del aire

En nuestro país no existe un régimen de protección de la calidad del aire, por lo que las referencias institucionales son igualmente inexistentes o sumamente genéricas.

Así la Ley Orgánica Municipal refiere a la «desinfección del aire» entre las competencias de los Intendentes Municipales (artículo 35 numeral 24).

Por su parte, la Ley 10.007 del 5 de abril de 1941, prohibió dentro de centros urbanos, la circulación de vehículos que utilicen carburantes pesados, sin los dispositivos o medios que eviten el escape de humo o de un exceso de gases tóxicos (artículo 1º); y, obligó a que todo vehículo automotor, aunque utilice carburantes livianos, tenga todas las partes que integran su motor en condiciones de normal funcionamiento para que la carburación y combustión se hagan con el menor desprendimiento de humo y gases tóxicos (artículo 2º).

El artículo 4º cometió la aplicación de la norma a las autoridades municipales, sancionando las infracciones con el retiro de la libreta de empadronamiento y una multa.

En la misma línea puede mencionarse el inciso 11 del artículo 10.3 del Reglamento Nacional de Circulación Vial, aprobado por Decreto 118/984 del 23 de marzo de 1984, en la redacción dada por el Decreto 375/995 del 9 de octubre de 1995, que establece que los vehículos automotores no superarán los límites máximos reglamentarios de emisión de contaminantes que la autoridad fije a efectos de no molestar a la población o comprometer su salud y seguridad.

El autor de este Anexo entiende que «la autoridad» a la que refiere el artículo es, desde 1990, el Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente; teniendo, los límites máximos que así se determinen, alcance dentro de todo el territorio nacional.

En efecto, ello se deriva del ámbito de aplicación previsto para el Reglamento, que es toda vía del territorio nacional librada al uso público; aclarándose, que ello resulta sin perjuicio de las normas complementarias y particulares que establezcan las administraciones municipales dentro de sus respectivas jurisdicciones (artículo 1.1 y 1.2).

Finalmente, el artículo 1.3 comete la fiscalización del cumplimiento del reglamento y la represión de las infracciones al mismo, al Ministerio de Transporte y Obras Públicas en las vías de jurisdicción nacional, al Ministerio del Interior, en el ámbito de su competencia y a las Intendencias Municipales en las vías de sus respectivas jurisdicciones.

A la luz de lo expuesto, las carencias institucionales más importantes se registran en el establecimiento de regulaciones de emisiones provenientes de fuentes fijas; a cuyo respecto debe recordarse que el ya mencionado artículo 453 de la Ley 16.170, facultó al MVOTMA -sin perjuicio de la imposición de multas- a adoptar aquellas «medidas tendientes a suspender o hacer cesar los actos que afecten el medio ambiente», incluyendo específicamente los que causen contaminación del aire.

3.5 Evaluación del impacto ambiental

Hasta la aprobación de la Ley 16.466 del 19 de enero de 1994, no existía en el Uruguay, un régimen que impusiera con carácter general, la obligación de sujetar la ejecución de ciertos proyectos públicos o privados, a un sistema de evaluación del impacto ambiental.

Sin embargo, ya se registraban algunas normas de tipo programático emanadas de los gobiernos departamentales, las que enunciaron la EIA como instrumento de gestión ambiental, aunque sin repercusión práctica alguna.

Es el caso de la Ordenanza sobre Política y Gestión Ambiental del departamento de Montevideo (Decreto Departamental N° 25.657 del 17 de agosto de 1992), de la Ordenanza Municipal de Protección al Medio Ambiente del departamento de Maldonado (Decreto Departamental del 31 de mayo de 1993), y, aun posteriormente a la aprobación de la Ley de EIA, el Reglamento de Política Ambiental del departamento de San José, por Decreto Departamental N° 2.737 del 13 de agosto de 1996.

El régimen derivado de la Ley de EIA y su reglamento (Decreto 435/994 del 21 de setiembre de 1994), sujeta una serie de actividades, construcciones u obras a la Autorización Ambiental Previa (AAP) del MVOTMA; las cuales, en base a un procedimiento preliminar de clasificación (*screening*), puede requerir la realización de un estudio de impacto ambiental a costa del propio interesado. (Ver Figura 3).

El procedimiento de revisión del estudio por la administración, se caracteriza por la existencia de mecanismos de información y participación pública durante la tramitación.

La Ley de EIA establece que el MVOTMA requerirá el asesoramiento de los gobiernos departamentales que tuvieren que ver con las obras o trabajos sujetos al procedimiento de autorización previa (artículo 71); en tanto el reglamento es más genérico al referirse a los asesoramientos que el MVOTMA podrá solicitar (artículo 14); aunque prevé específicamente la comunicación de la clasificación ambiental del proyecto, «a la Intendencia Municipal del departamento en el que se localizará» (inciso 11 del artículo 8°).

Con referencia a los desechos y residuos, en el estado actual de la identificación legal de actividades sujetas al régimen de EIA, dentro de los casi treinta tipos de proyectos contenidos en el artículo 21 del reglamento, sólo requiere AAP, la construcción de plantas de tratamiento y disposición de residuos tóxicos y peligrosos.

3.6 Régimen de sanciones y responsabilidades

En términos generales, las sanciones previstas por el incumplimiento de las normas ambientales, tanto de carácter nacional como departamental, consisten en sanciones pecuniarias o multas, cuyo monto debe quedar comprendido dentro de los rangos máximo y mínimo preestablecidos en la norma, en base a una unidad de valor legal (la llamada «Unidad Reajutable» o UR), que se actualiza mensualmente por parámetros macroeconómicos.

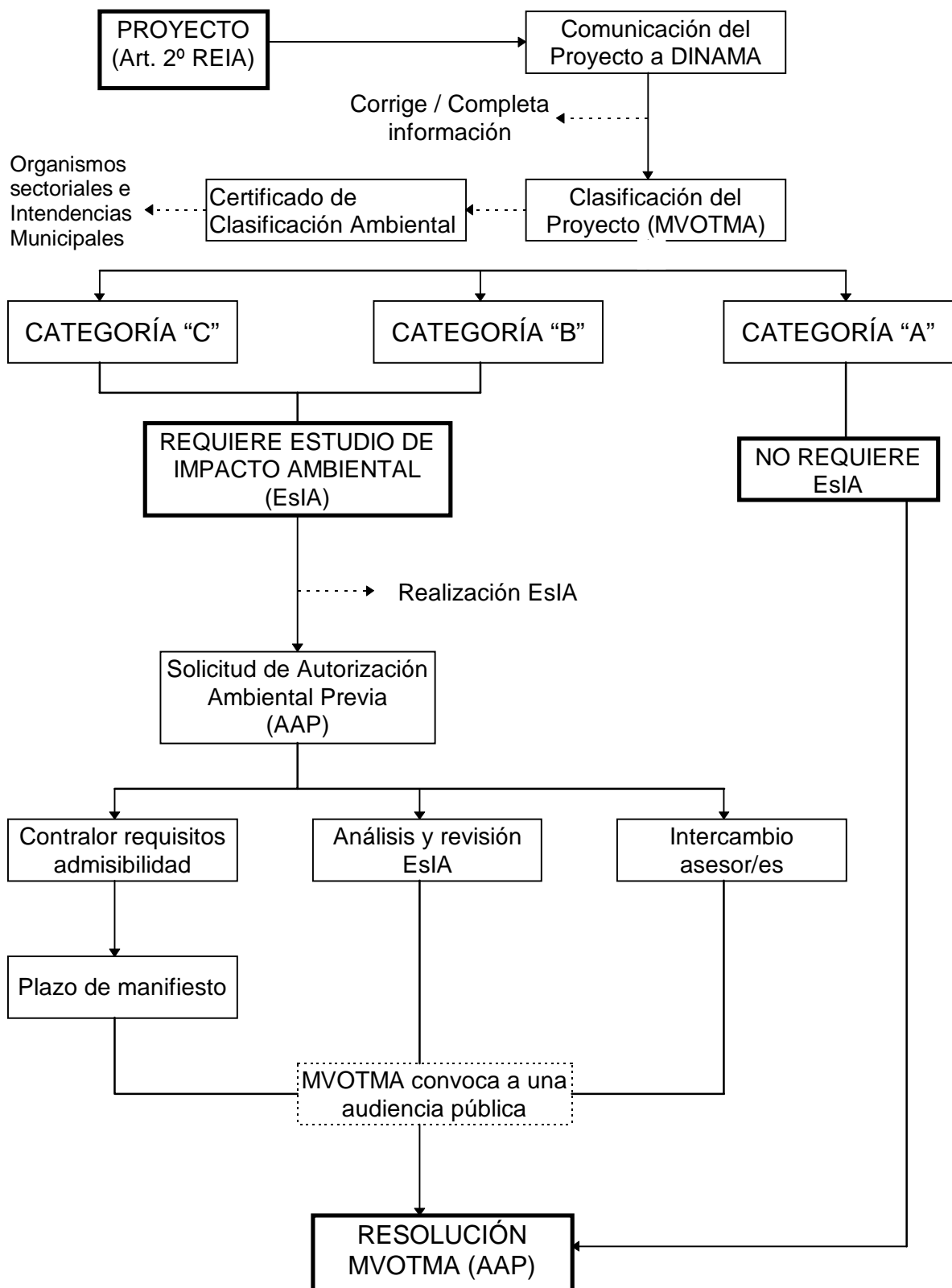
El incumplimiento de las normas ambientales en el ámbito nacional, posee un régimen general de sanciones que surge del artículo 61 de la Ley 16.112. Según el mismo, el MVOTMA tiene facultades para controlar si las actividades públicas o privadas cumplen con las normas de protección al ambiente, pudiendo sancionar a los infractores con multas entre 10 UR y 5.000 UR.

A nivel municipal, genéricamente prevé la Ley Orgánica Municipal (numeral 30 del artículo 19, en la redacción dada por el artículo 210 de la Ley 15.851 del 24 de diciembre de 1986), que las transgresiones a los decretos departamentales se sancionarán, en todos los gobiernos departamentales, con multas de hasta 350 UR.

Hasta 70 UR las aplica el Intendente Municipal por resolución propia; las superiores, sólo puede aplicarlas con la autorización del órgano legislativo departamental, otorgada por mayoría absoluta de votos entre las 70 UR y 210 UR o con el voto favorable de los dos tercios de votos del total de componentes para las mayores de 210 UR.

En general, cuando la infracción corresponde a una actividad que fue previamente autorizada o licenciada por el órgano administrativo de contralor, la sanción comprende también la suspensión o caducidad del permiso o concesión.

FIGURA 3
Esquema del procedimiento de Autorización Ambiental Previa
Decreto 435/994



La Ley de EIA (artículo 4º), sin perjuicio de las sanciones que correspondieren, establece que *«quien provoque depredación, destrucción o contaminación del medio ambiente en violación de lo establecido por los artículos de la presente ley, será civilmente responsable de todos los perjuicios que ocasione, debiendo hacerse cargo, además, si materialmente ello fuera posible, de las acciones conducentes a su recomposición».*

Agregando, *«cuando los perjuicios ocasionados por dicha violación sean irreversibles, el responsable de los mismos deberá hacerse cargo de todas las medidas tendientes a su máxima reducción o mitigación, sin perjuicio de las responsabilidades administrativas, civiles o penales que pudieran corresponder».*

Esta disposición, resulta aplicable al sector de los residuos sólidos, como al resto de las cuestiones ambientales, en la medida en que los daños provocados contravengan el deber genérico que se consagra en el artículo 3º; es decir, el deber fundamental de toda persona, física o jurídica, de abstenerse de todo acto que cause impacto ambiental que se traduzca en depredación, destrucción o contaminación graves del medio ambiente.

Desde el punto de vista procedimental, el régimen procesal civil previsto en el Código General del Proceso (Ley 15.982 del 18 de octubre de 1988), establece un mecanismo de representación judicial de los denominados «intereses difusos».

Cuando se refiere a intereses difusos, la doctrina ha considerado que se trata de derechos que se caracterizan, desde el punto de vista subjetivo por la indeterminación de sus titulares, y desde el punto de vista material, por su objeto indivisible, inescindible, no fraccionable; respecto de los cuales el artículo 42 del Código General del Proceso establece: «En el caso de cuestiones relativas a la defensa del medio ambiente, de valores culturales o históricos y, en general, que pertenezcan a un grupo indeterminado de personas, estarán legitimados indistintamente para promover el proceso pertinente, el Ministerio Público, cualquier interesado y las instituciones o asociaciones de interés social que según la ley o a juicio del tribunal garanticen la defensa del interés comprometido».

Asimismo, el inciso 2º del artículo 6º de la Ley 16.112, legitima al propio MVOTMA a ejercer la acción referida anteriormente.

Como segundo elemento, dicha forma de representación se complementa con un procedimiento abreviado, denominado «acción de amparo» (Ley 16.011 del 19 de diciembre de 1988); que procede para la protección de derechos y libertades reconocidos expresa o implícitamente por la Constitución de la República, contra actos, omisiones o hechos de las autoridades o de los particulares, siempre que no existan otros medios judiciales o administrativos que permitan obtener el mismo resultado.

4. Selección de normas ambientales

4.1 Calidad del agua:

- Ley 9.155 del 04/12/1933 (arts. 218 y 225)
Código Penal
- Ley 9.515 del 28/10/1935 (art. 35 num. 24, lit. b y c)
Ley Orgánica Municipal
- Decreto-Ley 14.859 del 15/12/1978 (arts. 2, 4, 6 y 146 a 148), Código de Aguas
- Decreto-Ley 15.239 del 23/12/1981
Se declara de interés nacional el uso y la conservación de los suelos y de las aguas superficiales destinadas a fines agropecuarios
- Ley 16.170 del 28/12/1990 (arts. 453, 456 y 457)
Presupuesto nacional, sueldos, gastos e inversiones
- Ley 16.858 del 11 de setiembre de 1997
Ley de Riego
- Decreto 253/979 del 09/05/1979
Se aprueban normas reglamentarias para prevenir la contaminación ambiental mediante el contralor de las aguas
- Decreto 497/988 del 03/08/1988
Se prohíbe la descarga en las aguas o en lugares desde los cuales puedan derivar hacia ellas cualquier tipo de barométrica de carácter público o privado
- Decreto 284/990 del 21/06/1990
Dispone que el uso y la conservación de suelos y aguas superficiales con fines agropecuarios, se regirán según Decreto-Ley 15.239

4.2 Calidad del aire:

- Ley 9.515 del 28/10/1935 (art. 35 num. 24 lit. b)
Ley Orgánica Municipal
- Ley 10.007 del 24/03/1941 (arts. 1 a 4)
Se obliga al uso de dispositivos y otras partes de los motores que evitan el desprendimiento de humo y gases tóxicos
- Ley 16.170 del 28/12/1990 (art. 453)
Presupuesto nacional, sueldos, gastos e inversiones
- Decreto 248/980 del 18/04/1980 (arts. 1 a 3)
Queroseno, se prohíbe su utilización como combustible para vehículos automotores
- Decreto 118/984 del 23/03/84 (art. 10.3 inc. 11)
Reglamento Nacional de Circulación Vial
- Decreto 476/993 del 29/10/1993
Créase un sello para ser utilizado en productos que no contengan sustancias controladas por el Protocolo de Montreal

- Decreto 308/994 del 29/06/1994 (arts. 1 a 8)
Instrumentase un Programa Nacional de Administración de Halones

4.3 Conservación de suelos:

- Decreto-Ley 15.239 del 23/12/1981
Se declara de interés nacional el uso y la conservación de los suelos y de las aguas superficiales destinadas a fines agropecuarios
- Decreto 284/990 del 21/06/1990
Dispone que el uso y la conservación de suelos y aguas superficiales con fines agropecuarios, se regirán según Decreto-Ley 15.239

4.4 Desechos peligrosos y otros desechos:

- Ley 9.515 del 28/10/1935 (art. 35 num. 24, lit. e)
Ley Orgánica Municipal
- Ley 16.320 del 01/11/1992 (art. 229)
Apruébase la Rendición de Cuentas y Balance de Ejecución Presupuestal correspondiente al ejercicio 1991
- Decreto 252/989 del 30/05/1989
Se prohíbe la introducción a las zonas sometidas a jurisdicción nacional, de cualquier tipo de desecho peligroso
- Decreto 499/992 del 13/10/1992 (arts. 1 a 5)
Desígnase autoridad competente al Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente para la aplicación del Convenio de Basilea sobre el Movimiento Transfronterizo de los Desechos Peligrosos y su eliminación

4.5 Áreas protegidas:

- Ley 15.939 del 28/12/1987 (art. 18)
Ley Forestal
- Ley 16.170 del 28/12/1990 (art. 458)
Presupuesto nacional, sueldos, gastos e inversiones
- Ley 16.226 del 29/10/1991 (arts. 303, 304 y 305)
Apruébase Rendición de Cuentas y Balance de Ejecución Presupuestal correspondiente al ejercicio 1990
- Ley 16.320 del 01/11/1992 (arts. 207 y 352)
Apruébase la Rendición de Cuentas y Balance de Ejecución Presupuestal correspondiente al ejercicio 1991.
- Decreto 81/991 del 07/02/1991 (arts. 1 a 3)
Créase un Grupo de Trabajo con el cometido de delimitar las áreas de protección y reserva ecológica referidas en la Ley 16.170
- Decreto 183/991 del 02/04/1991 (arts. 1 y 3)
Se disponen requisitos en gestiones vinculadas a áreas de protección y reserva ecológica

- Decreto 345/992 del 20/07/1992 (art. 1)
Se define el Plan de Regulación Hídrica para el Departamento de Rocha
- Decreto 527/992 del 28/10/1992 (arts. 2 a 4)
Apruébase el informe elaborado por el Grupo de Trabajo creado por el Decreto 81/991, así como la delimitación de las áreas de protección y reserva ecológica a que refiere el artículo 458 de la Ley 16.170
- Decreto 263/993 del 08/06/1993 (art. 2)
Determinase a quien corresponde la formulación de los planes nacionales de protección del medio ambiente y la formulación y ejecución de las políticas relativas a los recursos naturales renovables
- Decreto 224/994 del 19/05/1994 (art. 1 y 6)
Apruébase lo actuado por la Comisión Técnica creada por el Decreto 418/991, sobre el trazado de la primera etapa del Plan de Regulación Hídrica del Departamento de Rocha

4.6 Protección de las áreas costeras:

- Ley 9.515 del 28/10/1935 (art. 35 num. 21)
Ley Orgánica Municipal
- Ley 10.723 del 21/04/1946 y Ley 10.866 del 25/10/1946 (art. 13 num. 3)
Ley de formación de centros poblados
- Decreto-Ley 14.859 del 15/12/1978 (arts. 15, 30, 35, 36, 37 y 153) Código de Aguas
- Ley 15.903 del 10/11/1987 (art. 193)
Se aprueba la Rendición de Cuentas y Balance de Ejecución Presupuestal correspondiente al ejercicio 1986
- Ley 16.170 del 28/12/1990 (art. 457 num. 4 lit. b)
Presupuesto nacional, sueldos, gastos e inversiones
- Ley 16.462 del 11/01/1994 (art. 117)
Apruébase la Rendición de Cuentas y Balance de Ejecución Presupuestal del ejercicio 1992
- Ley 16.736 del 05/01/1996 (art. 452)
Apruébase el Presupuesto Nacional para el actual período de Gobierno, que regirá a partir del 11 de enero de 1996
- Decreto 59/992 del 10/02/1992 (arts. 1 a 4)
Reglaméntanse procedimientos tendientes a tramitar autorizaciones a obras que se realicen en la faja de defensa costera
- Resolución MVOTMA s/n del 06/02/1996 (art. 1 y 2)
Prohíbese el acceso de vehículos de cualquier especie en la faja de defensa de costas (playas)

4.7 Fauna, flora y diversidad biológica:

Generalidades:

- Ley 16.112 del 30 de mayo de 1990 (art. 31)
Crea el Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente y fija sus competencias
- Ley 16.320 del 01/11/1992 (art. 207)
Apruébase la Rendición de Cuentas y Balance de Ejecución Presupuestal correspondiente al ejercicio 1991
- Decreto 565/981 del 06/11/1981
Fauna Silvestre, se definen las diferentes categorías de especies, declarándose que las mismas revisten interés nacional
- Decreto 263/993 del 08/06/1993
Determinase a quien corresponde la formulación de los planes nacionales de protección del medio ambiente y la formulación y ejecución de las políticas relativas a los recursos naturales renovables
- Decreto 487/993 del 04/11/1993
Desígnase al Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente, autoridad competente y punto de contacto para la instrumentación y aplicación del Convenio sobre la Diversidad Biológica

Captura, caza, traslado y tenencia de fauna autóctona y exótica:

- Ley 9.481 del 04/07/1935
Se establecen disposiciones de protección a las especies zoológicas silvestres indígenas o libres
- Ley 10.024 del 14/06/1941 (arts. 109 a 112)
Código Rural
- Ley 16.088 del 25/10/1989
Se prohíbe la tenencia o guarda de animales feroces o salvajes fuera de parques o jardines zoológicos
- Ley 16.736 del 05/01/1996 (arts. 274, 275 y 294)
Apruébase el Presupuesto Nacional para el actual período de Gobierno, que regirá a partir del 11 de enero de 1996
- Decreto s/n del 28/02/1947
Se reglamenta la Ley 9.481
- Decreto 12/985 del 09/01/1985
Venado de campo, se declara monumento natural y se dispondrán las medidas que permitan su protección absoluta
- Decreto 164/996 del 02/05/1996
Mantiénesse la prohibición de la caza, tenencia, transporte, comercialización e industrialización de especies zoológicas silvestres y sus productos

- Decreto 165/996 del 02/05/1996
Autorízase la caza deportiva y el transporte por el cazador habilitado de ejemplares que se determinan
- Decreto 173/996 del 02/05/1996
Fíjense para la expedición de los permisos de caza, las tasas que se determinan

Regulaciones sobre la pesca:

- Ley 13.833 del 29/12/1969
Riquezas del mar, se declara de interés nacional la explotación, la preservación y el estudio y se extiende la soberanía de la República a una zona de doscientas millas marinas
- Ley 16.320 del 01/11/1992 (arts. 200 y 212)
Apruébase la Rendición de Cuentas y Balance de Ejecución Presupuestal correspondiente al ejercicio 1991
- Ley 16.736 del 05/01/1996 (arts. 269 a 271)
Apruébase el Presupuesto Nacional para el actual período de Gobierno, que regirá a partir del 11 de enero de 1996
- Decreto 711/971 del 28/10/1971 (arts. 1 a 45)
Riquezas del mar, se reglamenta la Ley 13.833 sobre explotación y se establece la definición y concepto de pesca y caza acuática

Recolección, corta traslado y tenencia de flora autóctona y exótica:

- Decreto 452/988 del 06/07/1988 (arts. 14, 15 y 16)
Se dictan normas reglamentarias para considerar bosques aquellas asociaciones vegetales de determinadas características
- Decreto 22/993 del 12/01/1993
Adecuarse mecanismos para dar eficaz cumplimiento a la protección del bosque indígena a cargo de la DGRNR
- Decreto 24/993 del 12/01/1993
Sustitúyase el artículo 16 del Decreto 452/988 referente a la corta del monte indígena, por el cual los interesados deberán presentarse ante la DGRNR
- Decreto 330/993 del 13/07/1993
Dispónese que la corta y extracción de productos forestales del monte indígena, deberá realizarse previa autorización de la DGRNR

Establecimiento y operación de viveros y criaderos:

- Decreto 254/985 del 26/06/1985
Cueros o pieles, se establecen que los pertenecientes a los animales de nuestra fauna silvestre de caza autorizada, deberán llevar una identificación
- Decreto 801/985 del 18/12/1985
Se faculta a autorizar la instalación de criaderos de especies animales de la fauna silvestre

Regulaciones sobre introducción de especies exóticas:

- Ley 16.736 del 05/01/1996 (art. 273)
Apruébase el Presupuesto Nacional para el actual período de Gobierno, que regirá a partir del 11 de enero de 1996
- Decreto 378/982 del 08/10/1982
Aves exóticas, se establecen normas que permitan el control de las que se importan al país
- Decreto 138/996 del 17/94/1996
Derógase el Decreto de fecha 11 de octubre de 1939, por el cual se prohíbe la importación al país de loros, papagayos y aves de la familia de los psitáceos

Regulaciones sobre protección de recursos genéticos:

- Decreto-Ley 15.173 del 13/08/1981
Semillas, se dictan normas para regular la producción, certificación, comercialización, exportación e importación
- Decreto-Ley 15.554 del 21/05/1984
Semillas, se modifican disposiciones de la Ley 15.173 que regula producción, comercialización y certificación
- Decreto 84/983 del 16/03/1983
Semillas, se reglamenta la Ley 15.173 que regula la producción, certificación y comercialización
- Decreto 418/987 del 12/08/1987
Semillas, se modifican disposiciones del Decreto 84/983 reglamentario del Decreto-Ley 15.173

Bosques y recursos forestales:

- Ley 15.939 del 28/12/1987
Ley Forestal
- Decreto 452/988 del 06/07/1988
Normas reglamentarias para considerar bosques aquellas asociaciones vegetales de determinadas características
- Decreto 849/988 del 30/12/1988
Combate de incendios forestales
- Decreto 111/989 del 14/03/1989
Prevención de incendios forestales
- Decreto 333/990 del 25/07/1990
Ampliación de la superficie de suelos accesorios a los de prioridad forestal
- Decreto 139/995 del 30/03/1995 (arts. 1 a 3)
Créase una Comisión Sectorial para la Industrialización, Comercialización y Transporte de los Productos Forestales, que funcionará en la órbita de la Oficina de Planeamiento y Presupuesto

4.8 Instrumentos internacionales:

Instrumentos bilaterales:

- Decreto-Ley 14.145 del 25/01/1974
Se aprueba el Tratado del Río de Plata y su Frente Marítimo con la República Argentina (1973)
- Decreto-Ley 14.521 del 11/05/1976
Se aprueba el Tratado relativo al Estatuto del Río Uruguay con la República Argentina (1975)
- Decreto-Ley 14.748 del 28/12/1977
Se aprueba el Tratado sobre Cooperación para el Aprovechamiento de los Recursos Naturales y desarrollo de la Cuenca de la Laguna Merin (1977)
- Ley 16.272 del 23/06/1992
Apruébase el Convenio de Cooperación entre Uruguay y Argentina referente a la contaminación del medio acuático producidos por hidrocarburos y sustancias perjudiciales (1987)

Instrumentos regionales:

- Ley 13.669 del 01/07/1968
Se aprueba el Tratado de Tlatelolco sobre Proscripción de Armas Nucleares en América Latina (México, 1967)
- Ley 13.776 del 17/10/1969
Convención para la Protección de la Flora, de la Fauna y de las Bellezas Escénicas Naturales de los países de América, Washington (1940)
- Ley 16.519 del 22/07/1994
Protocolo Adicional a la Convención Americana sobre Derechos Humanos en materia de derechos económicos, sociales y culturales, San Salvador (1988)

Instrumentos internacionales:

- Ley 12.030 del 27/11/1953
Se aprueban Convenios Internacionales de Trabajo sobre (...) fábricas de vidrio (N° 43) y prescripciones de seguridad en la industria de la construcción (N° 62)
- Ley 13.684 del 17/09/1968
Tratado por el que se prohíben los Ensayos con Armas Nucleares en la Atmósfera, en el Espacio Ultraterrestre y debajo del Mar, Moscú (1963)
- Ley 13.843 del 13/05/1970
Se aprueba el Protocolo de Ginebra sobre prohibiciones de uso en la guerra de gases asfixiantes, tóxicos o similares y medios bacteriológicos (Ginebra, 1925)
- Ley 13.859 del 04/06/1970
Se aprueba el Tratado sobre la No Proliferación de las Armas Nucleares (Washington, 1968)
- Ley 13.924 del 07/12/1970

Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación de las Aguas del Mar por Hidrocarburos, Londres (1954)

- Decreto-Ley 14.205 del 04/06/1974
Se aprueba la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres, Washington (1973)
- Decreto-Ley 14.541 del 20/07/1976
Se aprueba el Acuerdo entre la República y el Organismo Internacional de Energía Atómica
- Decreto-Ley 14.567 del 30/08/1976
Se aprueban los Convenios Internacionales de Trabajo de (...) protección contra los riesgos de intoxicación por el benceno (N° 136)
- Decreto-Ley 14.880 del 23/04/1979
Enmiendas al Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación de las Aguas del Mar por Hidrocarburos, Londres (1954)
- Decreto-Ley 14.885 del 24/04/1979
Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por Buques, Londres (1973) y Protocolo relativo al Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por Buques, Londres (1978)
- Decreto-Ley 14.976 del 14/12/1976
Se aprueba el Convenio internacional de Trabajo N° 139 sobre prevención y control de riesgos profesionales causados por las sustancias o agentes cancerígenos
- Decreto-Ley 15.101 del 24/12/1980
Convención para la Prohibición del Desarrollo, la Producción, el Almacenamiento de Armas Bacteriológicas (Biológicas) y Tóxicas y sobre su Destrucción, Londres, Washington y Moscú (1972)
- Decreto-Ley 15.297 del 07/07/1982
Convenio Internacional para la Conservación del Atún del Atlántico, Río de Janeiro (1966)
- Decreto-Ley 15.325 del 30/09/1982
Se aprueba el Convenio Internacional de Trabajo N° 115 (1960) relativo a la protección de los trabajadores contra las radiaciones ionizantes
- Decreto-Ley 15.337 del 29/10/1982
Se aprueba el Convenio relativo a las zonas húmedas de importancia internacional especialmente como hábitat de la fauna ornitológica, Ramsar (1971)
- Decreto-Ley 15.626 del 19/09/1984
Se aprueban enmiendas a la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres
- Ley 15.964 del 28/06/1988
Convención de la UNESCO para la Protección del Patrimonio Mundial Cultural y Natural, París (1972)
- Ley 15.986 del 16/11/1988
Convenio para la Protección de la Capa de Ozono, Viena (1985)

- Ley 15.955 del 15/06/1988
Enmiendas al Protocolo relativo al Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por Buques, Londres (1985)
- Ley 15.965 del 28/06/1988
Se aprueban Convenios Internacionales en materia de seguridad, higiene y salud en los trabajos que se determinan (CIT N° 148, sobre el medio ambiente de trabajo/contaminación del aire, ruido y vibraciones, 1977 y otros)
- Ley 16.062 del 06/10/1989
Se aprueba la adhesión de la República a la Convención sobre la Conservación de las Especies Migratorias de Animales Silvestres, Bonn (1979)
- Ley 16.157 del 12/11/1990
Protocolo relativo a las Sustancias que agotan la Capa de Ozono, Montreal (1987)
- Ley 16.221 del 22/10/1991
Apruébase el Convenio de Basilea sobre el Movimiento Transfronterizo de los Desechos Peligrosos y su Eliminación, Basilea (1989)
- Ley 16.287 del 29/07/1992
Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar, Montego Bay (1982)
- Ley 16.374 del 21/05/1993
Convención sobre la Prohibición de Utilizar Técnicas de Modificación Ambiental con Fines Militares u Otros Fines Hostiles, Ginebra (1976)
- Ley 16.408 del 27/08/1993
Se aprueba el Convenio sobre la Diversidad Biológica, Río de Janeiro (1992)
- Ley 16.427 del 28/10/1993
Enmiendas del Protocolo de Montreal relativo a las Sustancias que agotan la Capa de Ozono, Londres (1990)
- Ley 16.517 del 22/07/1994
Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, Río de Janeiro (1992)
- Ley 16.518 del 22/07/1994
Protocolo al Tratado Antártico, sobre Protección del Medio Ambiente y sus Anexos, Washington (1991)
- Ley 16.521 del 25/07/1994
Apruébase la adhesión de la República al Convenio Internacional de Cooperación, Preparación y Lucha contra la Contaminación por Hidrocarburos
- Ley 16.820 del 23/04/1997
Apruébase la adhesión de la República al Convenio Internacional sobre Responsabilidad Civil por Daños Causados por la Contaminación de las Aguas del Mar por Hidrocarburos, Bruselas (1969), y al Convenio Internacional de Constitución de un Fondo Internacional de Indemnización de Hidrocarburos, Bruselas (1971), ambos en su forma enmendada por los Protocolos de 1976 y 1992.

Dr. Marcelo Cousillas
diciembre de 1997

ANEXO B

**NORMAS
TÉCNICAS**

¿Qué es una norma técnica?

Es un documento establecido por consenso y aprobado por un organismo reconocido, que provee, para usos comunes y repetitivos, las reglas, las directrices, o las características para las actividades o sus resultados, garantizando un nivel de orden óptimo en un contexto dado (ISO/IEC Guide 2: 1996).

¿Cuál es la importancia de las normas técnicas?

Para los servicios de limpieza pública, las normas técnicas son importantes porque:

- permiten comunicaciones en el mismo lenguaje;
- proveen especificaciones necesarias para una buena calidad de los servicios;
- orientan, a través de criterios, cómo construir y operar sistemas y servicios.

¿Quién elabora las normas técnicas?

Las normas técnicas pueden ser elaboradas básicamente a cuatro niveles:

- internacional, p.ej.: ISO (International Organization for Standardization);
- regional, p.ej.: COPANT (Comisión Panamericana de Normas Técnicas);
- subregional, p.ej.: CMN (Comité Mercosur de Normalización);
- nacional, p.ej.: UNIT (Instituto Uruguayo de Normas Técnicas);
- empresas gubernamentales o privadas.

El Instituto Uruguayo de Normas Técnicas, UNIT, es el organismo responsable por las actividades de normalización en el Uruguay.

Es una institución privada sin fines de lucro fundada en 1939 y representa en Uruguay a:

ISO	Organización Internacional de Normalización;
IEC	Comisión Electrotécnica Internacional;
COPANT	Comisión Panamericana de Normas Técnicas;
CMN	Comisión Mercosur de Normalización.

Por su carácter de miembro de ISO, y de acuerdo al Convenio ISO-CEN, UNIT tiene acceso a los trabajos de normalización y a las normas CEN (Comité Europeo de Normalización) y CENELEC (Comité Europeo de Normalización Electrotécnica).

Tiene a su vez un acuerdo de reciprocidad, asistencia técnica e intercambio de publicaciones, con la casi totalidad de los institutos de Normas Técnicas del mundo, tales como:

Instituto:	Origen:
DIN	alemán;
AENOR	español;
BSI	de Reino Unido;
IRAM	argentino;
ABNT	brasileño;
ASTM	de Estados Unidos;
otros.	

¿Cómo consultar las normas técnicas citadas en el Manual y/o adquirirlas?

Las normas técnicas UNIT, ISO, IEC, COPANT o CMN, pueden ser adquiridas en la sede de UNIT, al igual que las normas de la Asociación Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) y de los restantes organismos nacionales de normalización .

La dirección de la sede de UNIT es:

Instituto Uruguayo de Normas Técnicas
 San José 1031, Piso 7, Galería Elysée
 11100 - Montevideo
 Tel.: (598 2) 901 20 48 / 902 16 80
 Fax: (598 2) 902 16 81
 correo electrónico: unit@adinet.com.uy

No existiendo normas técnicas uruguayas específicas para la gestión de residuos, se agrega a continuación una lista de las de origen brasileiro, que fueron base para este Manual.

Relación de normas técnicas brasileiras por tema

Clasificación (Capítulo II)

ABNT 1987	NBR-10004	Residuos sólidos Clasificación	Rio de Janeiro, 63 p.
ABNT 1993	NBR-12807	Residuos de servicios de salud Terminología	Rio de Janeiro, 3 p.
ABNT 1993	NBR-12808	Residuos de servicios de salud Clasificación	Rio de Janeiro, 2 p.

Acondicionamiento (Capítulo III)

ABNT 1978	NB 558	Empleo de cartón hidráulico para uso universal de alta presión y a alta temperatura (material para juntas) Procedimiento	Rio de Janeiro, 2 p.
ABNT 1985	NBR-9191	Bolsas plásticas para acondicionamiento de residuos sólidos - Especificaciones	Rio de Janeiro, 6 p.
ABNT 1987	NBR-10007	Muestreo de residuos - Procedimiento	Rio de Janeiro, 25 p.
ABNT 1987	NBR-10004	Residuos sólidos - Clasificación	Rio de Janeiro, 63 p.
ABNT 1988	NB 1183	Almacenamiento de residuos sólidos peligrosos - Procedimiento	Rio de Janeiro, 14 p.
ABNT 1989	NB 1264	Almacenamiento de residuos clase II (no-inertes) y III (inertes) Procedimiento	Rio de Janeiro, 8 p.
ABNT 1993	NBR-12980	Recolección, barrido y acondicionamiento de residuos sólidos urbanos Terminología	Rio de Janeiro, 6 p.

Recolección (Capítulo III)

ABNT 1985	NBR-9190	Bolsas plásticas para acondicionamiento de residuos - Clasificación	Rio de Janeiro, 3 p.
ABNT 1985	NBR-9191	Bolsas plásticas para acondicionamiento de residuos - Especificación	Rio de Janeiro, 6 p.
ABNT 1992	Proyecto 001.603.07-004	Recolección de residuos de salud intra y extraestablecimiento - Procedimiento	Rio de Janeiro, 5 p.
ABNT 1993	NBR-12807	Residuos de servicio de salud - Clasificación	Rio de Janeiro, 2 p.
ABNT 1993	NBR-12808	Manejo de residuos de servicios de salud - Terminología	Rio de Janeiro, 4 p.
ABNT 1993	NBR-12809	Manejo de residuos de servicios de salud - Procedimiento	Rio de Janeiro, 2 p.
ABNT 1993	NBR-12810	Recolección de residuos de servicios de salud - Procedimiento	Rio de Janeiro, 3 p.
ABNT 1993	NBR-12980	Recolección, barrido y acondicionamiento de residuos sólidos urbanos - Terminología	Rio de Janeiro, 6 p.
IPT 1992	IPT NEA 26	Bolsas plásticas - Determinación de la capacidad volumétrica	San Pablo, 4 p.
IPT 1992	IPT NEA 36	Material flexible - Verificación de la resistencia a la perforación estática - Método de ensayo	San Pablo, 2 p.
IPT 1992	IPT NEA 55	Embalaje para residuos de servicios de salud, perforantes y cortantes - Especificación	San Pablo, 2 p.
IPT 1992	IPT NEA 57	Material flexible - Verificación de la resistencia al impacto - Método	San Pablo, 2 p.
IPT 1993	IPT NEA 58	Película plástica - Verificación de la transparencia - Método	San Pablo, 2 p.
IPT 1993	IPT NEA 59	Bolsas para residuos - Especificación	San Pablo, 5 p.

Transporte (Capítulo III)

ABNT 1992	Proyecto 001.603.04.003	Transporte de residuos - Procedimiento	Rio de Janeiro, 13 p.
-----------	----------------------------	--	-----------------------

Vertederos / rellenos (Capítulo IV)

ABNT 1984	NBR-8419	Presentación de proyectos de rellenos sanitarios de residuos sólidos urbanos - Procedimiento	Rio de Janeiro, 13 p.
ABNT 1985	NBR-8849	Presentación de proyectos de vertederos controlados de residuos sólidos urbanos - Procedimiento	Rio de Janeiro, 9 p.
ABNT 1986	NBR-9690	Mantas de polímeros para impermeabilización (PVC) - Especificación	Rio de Janeiro, 3 p.
ABNT 1987	NBR-10157	Vertederos de residuos peligrosos - Criterios para proyecto, construcción y operación - Procedimiento	Rio de Janeiro, 22 p.
ABNT 1989	NBR-10703	Degradación del suelo - Terminología	Rio de Janeiro, 45 p.
ABNT 1993	NBR-7229	Proyecto, construcción y operación de sistemas de tanques sépticos - Procedimiento	Rio de Janeiro, 15 p.
ABNT 1993	Proyecto 001.603.06-006	Criterios para proyectos, implantación y operación de vertederos de residuos no peligrosos - Procedimiento	Rio de Janeiro, 21 p.
CETESB 1982	CETESB P4.241	Norma para presentación de proyectos de rellenos sanitarios de residuos urbanos	San Pablo, 14 p.
CETESB 1989	CETESB L1.030	Membranas impermeabilizantes y residuos - Determinación de la compactación: método de ensayo	San Pablo, 9p.

Escombros (Capítulo V)

ABNT 1983	NBR-7211	Agregado para hormigón armado	Rio de Janeiro, 9 p.
-----------	----------	-------------------------------	----------------------

Incineración (Capítulo V)

ABNT 1987	NBR-10004	Residuos sólidos - Clasificación	Rio de Janeiro, 63 p.
ABNT 1989	NB 1265	Incineración de residuos sólidos peligrosos - Patrones de desempeño	Rio de Janeiro, 5 p.
CETESB 1992	CETESB E15.011	Sistema para incineración de residuos de servicios de salud, puertos y aeropuertos.	San Pablo, 8 p.
CETESB 1987	Proyecto	Presentación de proyecto de incineradores de residuos sólidos peligrosos.	San Pablo, 8 p.

CETESB 1988 Proyecto	Presentación de proyecto de incineradores para quema de residuos hospitalarios	San Pablo, 8 p.
----------------------	--	-----------------

Otras

ABNT 1985	NBR-8843	Tratamiento de residuos de los aeropuertos	Rio de Janeiro, 7 p.
ABNT 1987	NBR-10005	Lixiviación de residuos - Procedimiento	Rio de Janeiro, 10 p.
ABNT 1987	NBR-10006	Solubilización de residuos - Procedimiento	Rio de Janeiro, 2 p.
ABNT 1987	NBR-10007	Muestreo de residuos - Procedimiento	Rio de Janeiro, 25 p.

Nota: ABNT, Asociación Brasileira de Normas Técnicas
IPT, Instituto de Investigaciones Tecnológicas del Estado de San Pablo, Brasil.
CETESB, Compañía de Tecnología de Saneamiento Ambiental de San Pablo, Brasil.

ANEXO C

RELACIÓN DE
ENTIDADES
Y ASOCIACIONES

¿Dónde conseguir informaciones para la gestión de los residuos sólidos urbanos?

Este anexo contiene una relación de instituciones y asociaciones, tanto a nivel gubernamental como privado que pueden auxiliar a las intendencias.

La relación se inicia con informaciones sobre las instituciones responsables por la elaboración de este Manual: Compromiso Empresarial para el Reciclaje - CEMPRE - de Uruguay y de Brasil, y el Instituto de Investigaciones Tecnológicas de San Pablo S.A. - IPT, Brasil, así como informaciones del Centro de Estudios e Investigaciones de Administración Municipal - Fundación Faria Lima - CEPAM, Brasil, el que fue un destacado colaborador en el trabajo para la edición brasilera.

Las demás entidades están separadas en dos grandes grupos: gubernamentales, a su vez estatales y municipales; y privadas. Entre los objetivos de CEMPRE para 1998 está la formación de un directorio de las instituciones que se relacionan con el reciclado de residuos sólidos y afines. La información de las entidades uruguayas que se brinda aquí, corresponde al nivel de información obtenido a consecuencia del trabajo de edición del Manual.

Responsables por la elaboración de este Manual

Compromiso Empresarial para el Reciclaje - CEMPRE

CEMPRE es una Asociación Civil sin fines de lucro, a iniciativa del sector empresarial, con el fin de promover el reciclado de residuos sólidos, dentro del concepto de administración integrada de los mismos.

CEMPRE Uruguay, surge en 1996, y tiene como objeto la promoción, estudio y difusión del reciclado de residuos sólidos, dentro del concepto ya citado de la gestión integral de los mismos.

Sus socios fundadores son:

- Ancap;
- Conapac S.A.;
- Conaprole;
- Fanapel;
- Fleischmann Uruguay S.A.;
- McDonald's Uruguay;
- Montevideo Refrescos S.A.;
- Plásticos Gepax S.A.;
- S.A. Cristalerías del Uruguay;
- Saman;
- Sudy Lever S.A.

Este Manual es su primera actividad, la que se circunscribe en el primer grupo de actividades que tiene planificadas, o sea, la de publicar materiales sobre asuntos relacionados al reciclaje.

Es la firme voluntad de sus integrantes, que CEMPRE Uruguay se constituya en generador e impulsor de proyectos educativos y de investigación, así como en un canal de comunicación eficaz entre la Comunidad Científica, Autoridades, Instituciones públicas y privadas, y público en general.

Provisoriamente, mientras CEMPRE Uruguay se instala en local propio los datos para comunicarse con la asociación son los siguientes:

Compromiso Empresarial para el Reciclaje - CEMPRE URUGUAY
Casilla de Correos 18.135
Fax: (598 2) 604 25 41

Nota: Al momento de la edición de este Manual, CEMPRE Uruguay no cuenta aún con sede propia, por lo que por cualquier información comunicarse con cualquiera de las empresas miembros.

CEMPRE Brasil fue fundada en 1992 por empresas privadas de diversos sectores que están comprometidas con el avance del reciclaje.

Sus socios son:

- Cia. Cervejaria Brahma;
- Cia. Suzano de Papel e Celulose;
- Coca-Cola Indústrias Ltda.;
- Enterpa Engenharia Ltda.;
- Indústrias Gessy-Lever Ltda.;
- Mercedes-Benz do Brasil S.A.;
- Nestlé Indl. e Coml. Ltda.;
- Pepsi-Co & Cia.;
- Procter & Gamble do Brasil;
- Rhodia-ster S.A.;
- Souza Cruz S.A.;
- Tetra Pak Ltda.;
- Vega Sopave S.A.

CEMPRE Brasil edita publicaciones sobre formas de recolección selectiva, símbolos para embalajes reciclables, oportunidades de negocios, además de publicar mensualmente su boletín CEMPRE Informa, con fichas técnicas sobre cada material reciclable.

También desarrolla una línea de investigaciones Ciclosoft, que evalúa el desempeño y el impacto de los principales programas de recolección selectiva en Brasil.

Para ayudar a los hurgadores a formar cooperativas, CEMPRE distribuye su kit didáctico "Cooperar Reciclando Reciclar Cooperando" para instituciones involucradas con las poblaciones más carentes.

Compromiso Empresarial para Reciclagem - CEMPRE
Rua Pedroso Alvarenga, 1254 - Conjunto 52 - São Paulo-SP
CEP 04531.004
Tel.: (+ 55 11) 852 52 00 - Fax: (+ 55 11) 852 52 64
Correo electrónico: cempre@amcham.com.br

***Instituto de Investigaciones Tecnológicas del Estado de San Pablo S.A.
IPT - Brasil***

El IPT nació en 1899 de un núcleo agregado a la Escuela Politécnica de San Pablo, Brasil. En estos casi 100 años de vida su actuación fue pauta por el constante apoyo a las iniciativas que buscaron el desarrollo del Brasil.

Hoy, el IPT está vinculado al Gobierno del Estado de San Pablo a través de su Secretaría de la Ciencia, Tecnología y Desarrollo Económico.

Posee un cuadro de 1.995 funcionarios, de los cuales 661 son investigadores. Su estructura organizativa está compuesta por las siguientes Divisiones y Programas Técnicos:

División de Economía e Ingeniería de Sistemas; División de Ingeniería Civil; División de Geología; División de Metalurgia; División de Mecánica y Electricidad; División de Productos Forestales y Textiles; División de Química; División de Tecnología de Transportes.

Programa de Apoyo Tecnológico Regional; Programa de Energía; Programa de Materiales; Programa de Medio Ambiente; Programa de Calidad Industrial; Programa de Siderurgia, Programa de Tecnología de la Habitación.

Informaciones y orientaciones generales sobre los temas abordados en el Manual podrán contactar al Programa de Medio Ambiente - PROMA, que coordina la generación y transferencia de tecnologías de interés ambiental.

Para consultas más específicas, que pueden ir desde la caracterización de los residuos sólidos hasta su disposición final, es posible consultar directamente las áreas técnicas, según la relación que sigue:

Residuos Sólidos y Caracterización

División de Química

Grupo de Biotecnología

División de Geología

Grupo de Geología Aplicada al Medio Ambiente

Recolección y Transporte

División de Tecnología de Transportes

Grupo de Logística y Transporte

Disposición Final: Rellenos

Evaluación de Área

División de Geología

Grupo de Geología Aplicada al Medio Ambiente

Proyectos

División de Ingeniería Civil

Grupo de Infraestructura Vial, Impermeabilizaciones y Obras

Tratamiento

Compostaje/Materia Orgánica

División de Química

Grupo de Biotecnología

División de Mecánica y Electricidad

Sección de Desarrollo de Equipamientos Industriales

División de Economía e Ingeniería de Sistemas

Grupo de Prospección y Evaluación Tecnológica

Papel

División de Productos Forestales y Textiles
Grupo de Celulosa y Papel

Plástico

División de Química
Grupo de Productos Inorgánicos

Metal

División de Metalurgia
Grupo de Caracterización de Productos Metalúrgicos

Escombros

División de Ingeniería Civil
Grupo de Materiales de Construcción Civil

Neumáticos

Programa de Energía

Instituto de Pesquisas Tecnológicas del Estado de São Paulo S.A. - IPT

Avenida Professor Almeida Prado, 532
Cidade Universitária "Armando de Salles Oliveria" - Butantã - São Paulo-SP
CEP 05508-901
Caixa Postal 7141
Tel.: (+ 55 11) 268 22 11 (PBX)
(+ 55 11) 869 90 38 - PROMA
Fax: (+ 55 11) 268 27 56
Telex: (+ 55 11) 80934 INPT BR
83144 INPT BR

Fundación Prefecto Faria Lima / Centro de Estudios e Investigaciones de Administración Municipal - CEPAM - Brasil

El CEPAM, ligado a la Secretaría de Planeamiento y Gestión, presta asesoramientos y consultorías a las prefecturas del Estado de San Pablo, sin dejar de atender la creciente demanda del resto de Brasil. La idea es transferir conocimiento, capacitando los equipos de las prefecturas; cuando el CEPAM no posee la información técnica que el municipio precisa, orienta donde buscarla.

Cuestiones jurídicas, administrativas o relativas al desarrollo urbano, rural y del medio ambiente pueden ser respondidas por teléfono, fax o videotexto. En la recolección, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos, la Superintendencia de Desarrollo Administrativo y Recursos Humanos puede ayudar a montar un servicio de limpieza. La Superintendencia de Asistencia Técnica contribuye con asesoramiento jurídico. La Superintendencia de Desarrollo Urbano, Rural y de Medio Ambiente cuida la planificación de un servicio de limpieza como un todo, pensando además en campañas de educación y concientización.

Las prefecturas brasileras pueden tener acceso a todo el acervo de publicaciones, investigaciones y legislación del CEPAM.

Centro de Estudos e Pesquisas de Administração Municipal - CEPAM
Avenida Professor Lineu Prestes, 913
Cidade Universitária "Armando de Salles Oliveira" - Butantã - São Paulo-SP
CEP 05508-900
Tel.: (+ 55 11) 816 64 60 (PBX)
Fax: (+ 55 11) 813 59 69

Entidades gubernamentales

Nivel estatal

Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente

Dirección Nacional de Medio Ambiente

Zabala 1432
11000 - Montevideo
Tel.: +2 916 8589 - 916 2127/29
Información: 0800 2090

Oficina de Planeamiento y Presupuesto

Dirección de Proyectos de Desarrollo Programa de Desarrollo Municipal III

Edificio Libertad
Av. L.A. de Herrera 3350
11600 - Montevideo
Tel.: 150 - +2 487 2110

Ministerio de Industria, Energía y Minería

Laboratorio Tecnológico del Uruguay

Av. Italia 6201
11500 - Montevideo
Tel.: +2 601 8554 - 601 6623 - 600 2292

Nivel municipal

Intendencia Municipal de Artigas

Departamento de Higiene Ambiental

Lecueder 472
55000 - Artigas
Tel.: +772 4571 - 2841

Intendencia Municipal de Canelones

Dirección General de Gestión Ambiental

T.Berreta y Treinta y Tres
90000 - Canelones
Tel.: +332 23017

Intendencia Municipal de Cerro Largo

Departamento de Servicios

J.Muñiz 591
37000 - Melo
Tel.: +64 26551

Intendencia Municipal de Colonia**Departamento de Higiene y Servicios**

Avda. Gral. Flores

70000 - Colonia

Tel.: +522 7000

Intendencia Municipal de Durazno**Departamento de Servicios**

L.A. de Herrera y Artigas

97000 - Durazno

Tel.: +362 3891

Intendencia Municipal de Flores**Departamento de Higiene**

Stma. Trinidad 597

85000 - Trinidad

Tel.: +364 2009

Intendencia Municipal de Florida**Departamento de Higiene**

Independencia 586

94000 - Florida

Tel.: +352 5161/67

Intendencia Municipal de Lavalleja**Dirección de Higiene**

J. Batlle y Ordóñez 546

30000 - Minas

Tel.: +442 2751/52

Intendencia Municipal de Maldonado**Dirección de Ingeniería Sanitaria**

Edificio Comunal

20000 - Maldonado

Tel.: +42 21920/34

Intendencia Municipal de Montevideo**Departamento de Desarrollo Ambiental**

Av. 18 de Julio 1360

11200 - Montevideo

Tel.: +2 908 3034

Fax: +2 902 3090

Intendencia Municipal de Paysandú**Departamento de Servicios**

Zorrilla de San Martín y Sarandí

60000 - Paysandú

Tel.: +72 26221

Intendencia Municipal de Río Negro**Departamento de Bromatología**

25 de Mayo y 18 de Julio

65000 - Fray Bentos

Tel.: +562 3261/65

Intendencia Municipal de Rivera
Departamento de Salubridad e Higiene
Agraciada 570
40000 - Rivera
Tel.: +662 5144/45

Intendencia Municipal de Rocha
Departamento de Higiene
Gral. Artigas
27000 - Rocha
Tel.: +472 4994/99

Intendencia Municipal de Salto
División Higiene Ambiental
J.C. Gómez 32
50000 - Salto
Tel.: +73 29890

Intendencia Municipal de San José
Departamento de Higiene
18 de julio y 25 de Mayo
80000 - San José
Tel.: +342 6018/19

Intendencia Municipal de Soriano
Departamento de Higiene
Ituzaingó y Asencio
75000 - Mercedes
Tel.: +53 23119 - 23984

Intendencia Municipal de Tacuarembó
Departamento de Salubridad
18 de Julio 104
45000 - Tacuarembó
Tel.: +632 5282

Intendencia Municipal de Treinta y Tres
Departamento de Higiene
M.Lavalleja 280
33000 - Treinta y Tres
Tel.: +452 2108 - 2456

Entidades privadas

Cámara de Industrias del Uruguay
Sede
Av. Libertador Brigadier Gral. Lavalleja 1672
Gremios
Av. Gral. Rondeau 1665
11100 - Montevideo
Tel.: +2 902 3402 - 901 5000
Fax: +2 902 2567 - 900 5540 - 902 0995
Correo electrónico: ciu@ciu.com.uy

UNIT**Instituto Uruguayo de Normas Técnicas**

San José 1031, Piso 7, Galería Elysée

11100 - Montevideo

Tel.: +2 901 20 48 / 902 16 80

Fax: +2 902 16 81

Correo electrónico: unit@adinet.com.uy

Asociación Nacional de Organizaciones No Gubernamentales**ANONG**

Brandzen 2055 Of. 1005

11200 - Montevideo

Tel./Fax: +2 401 6826

Correo electrónico: anong@chasque.apc.org

Red Uruguay de ONGs Ambientalistas

José Enrique Rodó 1836

11200 - Montevideo

Tel./Fax: 401 78 64

