



Programa de la asignatura:

Ingeniería ambiental de valoración de residuos

U1

Introducción a la ingeniería de
valoración de residuos



DCSBA



TECNOLOGÍA
AMBIENTAL



Unidad 1. Introducción a la ingeniería de valoración de residuos



Vajilla ecológica, desechable y reciclable. Tomada de: www.freepik.com



Índice

Presentación de la Unidad.....	4
Propósitos de la unidad	5
Competencia específica	6
Actividades	6
1.1. Panorama de la valoración de residuos	7
1.1.1 Elementos y conceptos básicos de la valoración de residuos	8
1.1.2 Situación actual de los residuos en México.....	12
1.1.3 Gestión de los residuos valorables	16
1.2 Origen y clasificación de los residuos valorables.....	20
1.2.1 Clasificación por composición	21
1.2.2 Clasificación por origen	24
1.2.3 Clasificación por manejo.....	27
1.3 Caracterización de los residuos valorables.....	28
1.3.1 Caracterización física	30
1.3.2 Caracterización química.....	32
1.3.3 Caracterización biológica.....	33
1.4 Criterios de valoración de un residuo.....	34
1.4.1 Criterios técnicos.....	35
1.4.2 Criterios económicos.....	37
Cierre de la Unidad	41
Para saber má.....	42
Glosario.....	43
Fuentes de consulta	49



Presentación de la Unidad

En esta unidad conocerás qué es la ingeniería de valoración de residuos, sus objetivos y alcances, así como los principios técnicos implicados con esta asignatura.

Asimismo, identificarás la situación actual en nuestro país de los residuos factibles de ser aprovechados, y revisar la panorámica de la gestión de los residuos valorables (qué se ha hecho y cómo se puede asociar y perfilar la gestión de residuos actual, para lograr el objetivo de su reutilización y reciclamiento).

También, identificarás y analizarás la importancia de la clasificación (por composición, origen y manejo) y la caracterización (física, biológica y química) de los residuos, como factores relevantes que facilitan su evaluación como material aprovechable.

Por último, a partir de la aplicación de criterios técnicos y económicos, establecerás si un residuo es viable para aprovecharlo y reinsertarlo a la cadena de producción y comercialización de materiales y energéticos requeridos por la sociedad actual.

Nota: al final de la unidad, encontrarás un glosario con términos esenciales para esta asignatura, puedes consultarlo las veces que te surjan dudas.



Propósitos de la unidad



Al término de esta unidad serás capaz de:

1

Identificar los elementos y conceptos básicos de la valoración de los residuos.

2

Analizar los factores determinantes que clasifican a un residuo como recurso aprovechable en un sitio.

3

Analizar los factores determinantes que caracterizan a un residuo como recurso aprovechable en un sitio.

4

Analizar los criterios técnicos y económicos que intervienen en la valoración de un residuo.



Competencia específica

Analiza un residuo para identificar su aprovechamiento económico y ambiental, clasificando y caracterizando sus propiedades mediante sus criterios de valoración.

SER ▶

SABER ▶

CONOCER ▶

Actividades



Las instrucciones de las actividades de aprendizaje, las consultarás en el espacio d *Planeación del docente en línea*, toma en cuenta que para estas unidades se han generado actividades colaborativas, individuales, complementarias, autorreflexiones y la evidencia de aprendizaje.



1.1. Panorama de la valoración de residuos

La gestión de los residuos se ha convertido en uno de los principales retos a los que se debe enfrentar la sociedad actual dada su generación creciente y su gran impacto ambiental, social y económico. En los países desarrollados y emergentes, como México, cada ciudadano genera entre 0.8 y 2 kg de desechos sólidos urbanos, a lo que habría que sumar los residuos asociados a la actividad industrial y de servicios (SEDEMA, 2013).

En la actualidad, el destino principal de los residuos es su vertido en tiraderos a cielo abierto y en rellenos sanitarios; opciones que, a su vez, representan la vía de gestión menos recomendable, tanto a nivel ambiental como por la presión que se ejerce sobre los sitios de confinamiento, los cuales quedan inhabilitados a largo plazo para el desarrollo de cualquier otra actividad. Por ello, la valoración de los residuos resulta ser una opción adecuada, ya que se minimizan los impactos al ambiente, al disminuir los volúmenes de desechos que se vierten sobre el agua, el suelo y el aire, y al reaprovecharse una fracción de los subproductos generados por las actividades humanas y reinsertarse a la cadena productiva de bienes materiales y energéticos. Sin embargo, la valoración, hoy en día a nivel mundial, tiene un alcance limitado debido al poco apoyo de los gobiernos para crear leyes y normas que la estimulen, al desinterés y falta de incentivos empresariales para invertir en proyectos de esta índole. y a la poca cultura de la ciudadanía para adquirir hábitos de separación, reciclaje y reutilización de los residuos que genera.

Por esta situación, es relevante que se profile el manejo actual de los residuos, basado en su disposición final hacia una gestión que tenga como sustento las prioridades siguientes: prevención, minimización, valoración material y energética a partir de la reutilización y reciclado, tratamiento y, como opción última, el confinamiento de los residuos.

A partir de esta perspectiva, la valoración de los residuos, en conjunto con la minimización, pueden contribuir al uso más eficiente de los bienes y recursos con que cuenta la sociedad, al reducir los impactos ambientales, sociales y económicos al reincorporarlos a los ciclos productivos de cada región.



1.1.1. Elementos y conceptos básicos de la valoración de residuos

Como consecuencia del crecimiento poblacional y de los cambios de hábito de las sociedades actuales ha proliferado la cultura de consumo, donde lo que no sirve es desechado y rápidamente cambiado, por lo que la **generación** de residuos ha aumentado de forma exponencial en los últimos años, provocando graves impactos ambientales, sociales y económicos para el planeta. Como te darás cuenta, para satisfacer las necesidades de la humanidad se ha establecido un complejo sistema de producción y consumo en el que la energía y los **insumos** o materiales utilizados, son consumidos solo en forma parcial. En ese sentido, la diferencia entre el total utilizado y lo efectivamente consumido genera lo que se conoce como **residuo** (Ibáñez y Corroccoli, 2002).

El problema que implica la presencia de estos residuos es que, en la mayoría de los casos, muestran en su composición elementos contaminantes para la tierra, el agua, el aire, la biodiversidad y las personas; de esta manera, la acumulación de estos residuos los vuelve contaminantes y foco de vectores, susceptibles de infectar a la población humana.

Pero,

¿Qué se entiende por residuo?

De acuerdo con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), un residuo es aquel material o producto cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentra en estado sólido o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, que puede ser susceptible de ser **valorizado** o requiere sujetarse a **tratamiento** o **disposición final** conforme a lo dispuesto en la ley.

Ahora bien,

¿cómo se define la valoración de un residuo?

Cuando la **generación** de estos residuos es inevitable, deben considerarse como un recurso a partir del cual pueden **reciclarse** o ser recuperados materiales **reutilizables**, materia prima, nutrientes orgánicos e incluso energía. Este proceso



implica la valoración de los residuos y según la LGPGIR este concepto se define como:

El principio y conjunto de acciones asociadas cuyo objetivo es recuperar el valor remanente o el **poder calorífico** de los materiales que componen los residuos, mediante su reincorporación en procesos productivos, considerando los elementos de responsabilidad compartida, manejo integral y eficiencia ambiental, tecnológica y económica.

Por su parte, el concepto **aprovechamiento de los residuos** es complementario a la valoración de residuos. El aprovechamiento se define, según la LGPGIR como el conjunto de acciones cuyo objetivo es recuperar el valor económico de los residuos mediante su reutilización, remanufactura, rediseño, reciclado y recuperación de materiales secundados o de energía.

En estos dos términos se observa que para reincorporar los residuos a procesos productivos (como señala la valoración), es necesario llevar a cabo acciones que tengan que ver con la reutilización, remanufactura, rediseño, reciclado y recuperación de materiales (según lo que indica el aprovechamiento). Asimismo, para que un residuo tenga valor económico es necesario recuperar su valor remanente o su poder calórico. Finalmente, cualquier medida que implique el aprovechamiento de los desechos, debe incluir, al igual que la valoración, los elementos de responsabilidad compartida, manejo integral y eficiencia ambiental, tecnológica y económica.

Para llevar a cabo una valoración exitosa de los residuos es necesaria la participación de todos los sectores involucrados en su generación. Esta condición implica lo que se conoce como **responsabilidad compartida**, misma que se define como el principio mediante el cual se reconoce que los residuos sólidos urbanos y de manejo especial son generados a partir de la realización de actividades que satisfacen necesidades de la sociedad, mediante cadenas de valor, tipo producción, proceso, envasado, distribución, consumo de productos. Como consecuencia de estos elementos, su manejo integral es una corresponsabilidad social y requiere la participación conjunta, coordinada y diferenciada de productores, distribuidores, consumidores, usuarios de subproductos, y de los tres niveles de gobierno, bajo un esquema de factibilidad de mercado y eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social.



En términos generales, la valoración puede ser una fuente de negocios, ingresos y empleos, particularmente en zonas rurales o urbanas que poseen limitados recursos o que carecen de empleos, aun cuando no cuenten con sistemas de gestión integral de residuos o en donde los centros de generación de los mismos no los aprovechen. La valoración puede aplicarse en todas las etapas del ciclo de vida del residuo para lograr beneficios ambientales, alcanzar una optimización económica por su aprovechamiento y contribuir al bienestar social, en un contexto de participación informada y organizada de las partes interesadas, a fin de asegurar la sustentabilidad de la sociedad.

Ahora bien,

¿Qué tipo de residuos reúnen las condiciones para ser valorados?

Según la LGPGIR, aquellos desechos que sean económicamente viables, tecnológicamente factibles y ambientalmente adecuados. En caso de que no se cumplan estos criterios, los residuos deberán llevarse a una disposición final en un sitio controlado. Es importante aclararte que estos criterios los revisarás y analizarás en el subcapítulo 1.4. de esta unidad.

Una de las etapas importantes para llevar a cabo la valoración es el uso de procesos y tecnologías que transformen los residuos, ya sea por medio de su reutilización o por reciclaje material o energético. En ese sentido, las alternativas tecnológicas de valoración se pueden clasificar de acuerdo a la composición del residuo que se requiera aprovechar. Si los residuos son de tipo orgánico, las principales opciones con que se cuenta son:

- Compostaje
- Biogasificación

En cambio, si los residuos poseen una composición inorgánica, las alternativas con mayor viabilidad son:

- Reprocesamiento de materiales reciclables
- Reutilización
- Recuperación y clasificación de materiales reciclables de las principales corrientes



- Co-procesamiento
- Recuperación de energía calórica y térmica

Como te das cuenta, la sociedad en su conjunto debe ser partícipe de la aplicación de varios de estos procesos, especialmente, en las etapas iniciales del manejo de los residuos, las cuales se sustentan en la prevención, minimización, clasificación y separación de los desechos. Recuerda que estas etapas las analizaste en la asignatura *Gestión de residuos*, por eso ahora solo las reiteramos. Todos los centros generadores (casas habitación, industrias, servicios, etc.) deben asumir esta tarea con el fin de que la valoración sea más eficiente y económica. En las etapas siguientes (recogida, transporte y separación final), la participación se centra en personal que requiere conocimientos y experiencia en el área. En esta parte es donde se hace relevante el papel de la **ingeniería ambiental de valoración de residuos** (IAVR). Esta disciplina implica distintas actividades, entre otras, la identificación y caracterización de los residuos, el análisis de los criterios técnicos y económicos que permiten evaluar la viabilidad de los desechos para ser valorables, y el diseño e implementación de proyectos para el aprovechamiento de dichos residuos.

En términos generales, la IAVR tiene como finalidad la adecuada selección, diseño, operación y mejora de procesos y tecnologías, y de todo procedimiento asociado que posibilite el aprovechamiento de los recursos contenidos en los residuos sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar métodos que puedan causar perjuicios al ambiente. Pero además del empleo de las técnicas de reutilización y/o reciclaje, la IAVR analiza los factores que afectan a las tasas de generación de residuos y propone soluciones jerárquicas que pasan por la reducción en origen, el tratamiento y, como prioridad última, el vertido en depósitos controlados.

Cabe resaltar que varios de los procesos y tecnologías mencionados se emplean en distintas regiones de México, particularmente el compostaje, cuyas primeras plantas de procesamiento se construyeron en los años sesenta (Rodríguez, et.al. 2006). Asimismo, dentro de la recogida de los residuos sólidos urbanos, históricamente ha existido el reciclaje de algunos residuos denominados como de corriente principal, tales como papel, cartón, vidrio y distintos metales (cobre, aluminio y hierro, entre otros). No obstante, el resto de las alternativas y los factores que las alientan (leyes y normas, incentivos a sectores empresariales y educación ambiental a la población en general) son aún incipientes en México, por lo cual su implementación como un medio para valorar los residuos resulta ser un área de oportunidad para los sectores que conforman a la sociedad mexicana. En especial para técnicos especialistas con



habilidades y competencias para administrar, diseñar, construir y operar sistemas de valoración de residuos en forma ética y eficiente. Por esta razón, se presenta a continuación un panorama de la situación actual de los residuos en México y la potencialidad con que se cuenta para llevar a cabo procesos de valoración.

1.1.2. Situación actual de los residuos en México

Como ya sabes, el crecimiento de la población en México ha incrementado la cantidad de residuos, lo cual constituye un grave problema para la sociedad y el ecosistema en conjunto porque estos materiales se van acumulando sin que los ciclos biogeoquímicos puedan estabilizarlos y destruirlos, debido a la velocidad con que se generan. Esto nos lleva a tener desechos que generan impactos negativos en el ambiente, trayendo consigo el deterioro de los recursos disponibles para casi todas las actividades humanas.

En México, y en casi todas partes del mundo, los desechos se componen principalmente de papel, cartón, plásticos, vidrio, metales y materia orgánica. En la siguiente tabla observarás un estimado del volumen de residuos generados en el país y su potencial como recurso aprovechable.



Estimado de toneladas diarias de residuos generados en México con condiciones para ser valorados.



(*) = electrónicos, electrodomésticos, llantas, vidrio, papel y cartón, hoteleros, AFVU, pilas

Tomado de Gasca Álvarez (2012).

De acuerdo con los datos del esquema, concluimos que los distintos desechos presentan un amplio potencial para desarrollar procedimientos técnicos que los inserten en los sistemas de producción y comercialización en México, con los beneficios económicos que trae consigo la implementación, además de que se puedan minimizar sus efectos negativos sobre el ambiente.

No obstante, debido a las condiciones políticas, económicas y sociales que prevalecen en el país, las actividades de aprovechamiento de los residuos distan de



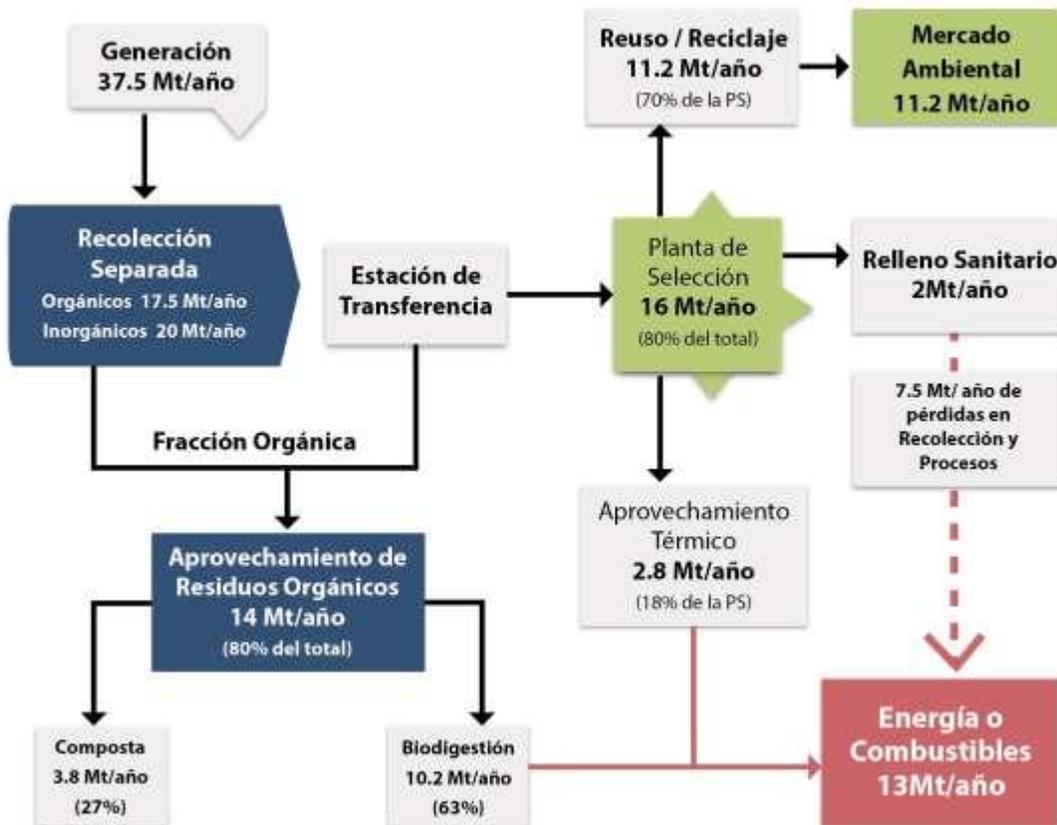
ser una práctica estandarizada técnica y normativamente. Algunos de los problemas que puedes ubicar en México para la adecuada valoración de los residuos son:

- En gran parte de las localidades, el manejo de los residuos es rudimentario y obsoleto. Por lo general, solo se incluye la recolección y disposición final, desconociéndose las alternativas para su reciclado y reutilización eficientes.
- Existen marcadas diferencias respecto a los recursos técnicos y económicos con que cuentan para desarrollar y ejecutar proyectos de valoración de residuos entre un municipio y otro, y entre las zonas rurales y urbanas.
- La separación y reciclado se hace, por lo general, por medios informales (pepena) lo cual implica elevados riesgos para la integridad de los que desempeñan esta actividad y compromete las alternativas para la valoración eficiente de los residuos.
- Solo se valora una fracción limitada de los residuos sólidos inorgánicos, entre otros: papel, vidrio, metales y PET, y en algunas zonas la materia orgánica para compostaje.
- El aprovechamiento de la materia orgánica solo se realiza por medio del compostaje, siendo esta una actividad incipiente y limitada para la mayoría de las localidades en el país.
- La generación de biocombustibles por vía de la transformación de la materia orgánica es prácticamente nula en casi todas las regiones y en los rellenos sanitarios con que se cuenta en el país.
- Existen zonas en donde no está considerada la incineración como una alternativa para generar energía, desde el punto de vista técnico y normativo, porque aún suponen que esta práctica no cuenta con las condiciones técnicas y ambientales para controlar sus emisiones contaminantes (Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal ahora llamada Ciudad de México). (Buenrostro, 2006 y SEMARNAT 2013).

Para que lo anterior no suceda, se debe contar con metodologías para reciclar, reutilizar y disponer los materiales en lugares y condiciones que minimicen los impactos negativos al ambiente. Un **esquema de valoración** para el país es el que se presenta en la siguiente figura, la cual te muestra, dentro de la gestión de residuos, la importancia central que implica el desarrollo de dichas metodologías.



Balance de materiales, en megatoneladas por año. Manejo y aprovechamiento de los residuos. Propuesta política.



Tomado de Gasca Álvarez (2012).

Debes darte cuenta de que, en términos generales, la aplicación de metodologías para reciclar y reutilizar los materiales plantea diversas **ventajas** para las localidades que implanten una **gestión integral de residuos fundamentada en su valoración**, entre las principales están:

- Reducción de la demanda de recursos naturales, como metales, plásticos y combustibles fósiles.
- Consolidación de negocios.
- Creación de empleos.



- Desarrollo de técnicas y procesos apropiados para las condiciones de cada sitio.
- Consolidación y aplicación de la legislación que favorezca la valoración de residuos.
- Contribución a cambiar los modelos de producción-consumo.
- Promoción de una cultura de consumo sustentable.
- Disminución de riesgos a la integridad humana. (Craviotto y Rossi, 2000).

Como observas, las ventajas y soluciones que implica el desarrollo de sistemas de valoración de residuos tienen que ver con aspectos ambientales, sociales y económicos. Por ello, a continuación, se describen los elementos y factores que conforman a la gestión de los residuos valorables.

1.1.3. Gestión de los residuos valorables

Ahora bien, la **gestión de los residuos valorables** (GRV) tiene como objetivo esencial recuperar el valor remanente o el poder calorífico de los materiales que componen los residuos, mediante su reincorporación en procesos productivos. La GRV se inserta dentro de los **programas de gestión integral de los residuos** (PGIR) ya que toma como base las etapas iniciales de la PGIR (recogida, transporte, clasificación, separación y caracterización de los residuos). Sin embargo, como podrás darte cuenta, la diferencia básica entre la gestión de los residuos valorables y los programas de gestión integral de los residuos es que la valoración está enfocada en el desarrollo y aplicación de instrumentos técnicos y normativos que permitan la inserción de los residuos al mercado de producción y consumo, y considera, como última opción, la disposición de los residuos a un relleno sanitario o a un sitio de confinamiento específico. Esta última elección solo se toma si el residuo no cumple con los criterios técnicos, económicos y normativos para ser aprovechable.

La GRV se define como el conjunto de actividades que, condicionadas a aspectos técnicos, económicos, comerciales, ambientales, sociales, legales y administrativos, permiten asegurar un buen manejo de los residuos, desde su generación hasta su integración al mercado como recurso (Palacios, 2011). En el esquema siguiente



observarás los elementos indispensables para que se lleve a cabo una gestión adecuada de los residuos valorables.

Factores que integran a la gestión de los residuos valorables.



Con información de Medina Roos y Jiménez Yañez (2001).

Dentro de su ámbito, al abordar problemas de índole ambiental, económico y social, los factores que integran la GRV implican relaciones interdisciplinarias complejas entre campos como la ciencia política, el urbanismo, la planificación regional, la geografía, la economía, la salud pública, la sociología, la demografía, las comunicaciones y la conservación, así como la ingeniería y la ciencia de los materiales. Por ello, cualquier proyecto de valoración de residuos debe verse como una tarea que involucre la participación de toda la sociedad y desde una perspectiva sustentable y sostenida para que sea eficiente y perdurable.

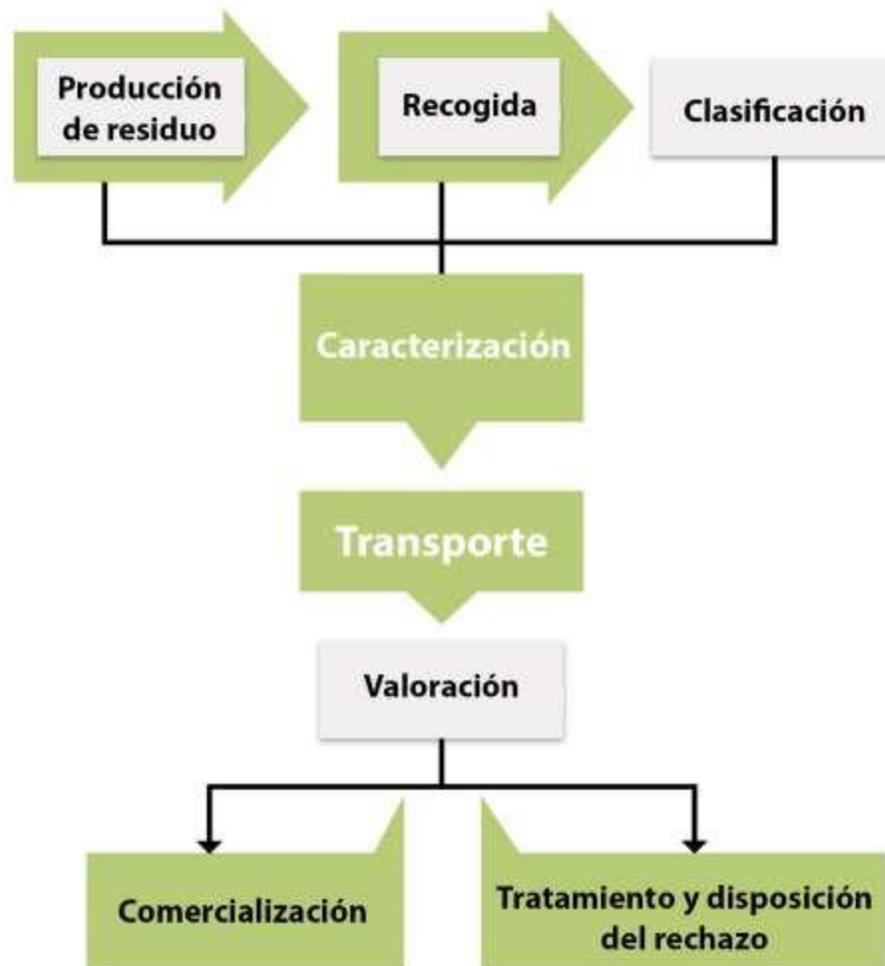


Los problemas asociados a la GRV, que previamente se te mostraron en el subtema anterior, son complejos por la cantidad y naturaleza diversa de los residuos, por el desigual desarrollo de las zonas urbanas y rurales, por las limitaciones de fondos para los servicios públicos, por los impactos de la tecnología y por las limitaciones emergentes de energía y materias primas prevalecientes en distintas regiones del país. En consecuencia, se debe realizar la GRV de una manera eficaz y ordenada, identificando las relaciones y los aspectos fundamentales implicados y generando información con datos uniformes para sustentar el diseño de programas de la GRV, tanto federales y estatales como municipales, a fin de lograr la optimización de los recursos, la capacitación del personal, la reestructuración de los métodos y procedimientos operativos y administrativos, la educación ambiental para lograr la participación comprometida de la población y el establecimiento de mecanismos para dar continuidad a proyectos y programas a través de los cambios administrativos y normativos.

Como sabes, una gestión eficiente de los residuos tiene que basarse en una planeación profunda y transparente, cuyo eje rector sea un programa o plan de GRV. Inicialmente, se debe realizar un acopio y selección de la información documental y de campo necesaria, con el propósito de realizar un diagnóstico que permita identificar el problema de los residuos y su viabilidad para ser valorados en un sitio o localidad determinada. La suma de los resultados de este diagnóstico y los objetivos propuestos, permitirán una planeación que defina las prioridades, metas, alcances, acciones operativas y de seguimiento de un proyecto de valoración de residuos. Durante la puesta en marcha de las medidas planeadas, deberán ser considerados en todo momento cada uno de los factores que integran la GRV. Es importante tener claro que para iniciar el proceso no es necesario contar con toda la información deseada ya que, posteriormente, durante la puesta en práctica se podrá detallar. A continuación, se analizan los diferentes aspectos que involucran a la GRV, iniciando con el manejo y sus elementos, los cuales se muestran en el siguiente esquema (Gazca, 2012).



Esquema de gestión de los residuos valorables.



Fuente: UnADM.

Cabe resaltar que las etapas de producción, recogida, transporte, tratamiento y disposición forman parte de las asignaturas *Gestión de residuos*, *Gestión ambiental* y *Gestión ambiental aplicada*, por ese motivo aquí solo se mencionan.



Para saber más sobre este tema consulta la *Guía de Buenas Prácticas para la Gestión de Residuos Industriales*, publicada por la Federación Asturiana de Concejos, España. En este documento, encontrarás la metodología para desarrollar la gestión de los residuos, en particular, las etapas previas, mismas que son afines a la gestión de los residuos valorables.

Consulta esta información en la sección *Para saber más*.

1.2. Origen y clasificación de los residuos valorables

Como ya sabes, los residuos están conformados por distintos materiales no homogéneos, principalmente inorgánicos y el resto por materiales orgánicos. En la medida en que las sociedades obtienen más recursos económicos, las sustancias que se desechan son de tipo inorgánico en su mayoría. Asimismo, las zonas urbanas, en comparación con las rurales, tienden a generar menores porcentajes de constituyentes orgánicos. Estos factores son de relevancia para considerar el tipo de aprovechamiento que pueda llevarse a cabo por el gobierno o empresa interesada en su valoración.

Como te habrás dado cuenta, dentro de los residuos inorgánicos se encuentran los siguientes desperdicios: papel/cartón, plásticos, vidrios, textiles, chatarra y otros como materiales tóxicos derivados de productos de limpieza, pilas, etc., de los cuales, la mayor parte son envases o embalajes. En cambio, los orgánicos se componen principalmente de los desechos de comida, frutas y verduras, cáscaras, carne, huevos, desechos forestales, ganaderos y agrícolas, que tienen la característica de desintegrarse o degradarse rápidamente. La mayoría de estos dos tipos de residuos se pueden valorar, ya sea reciclándolos o generando nuevos materiales útiles para incorporarlos a los ciclos de producción y consumo de bienes y servicios con lo que se pueden obtener ahorros en materias primas y energía, reduciendo con ello los efectos negativos al ambiente.

Debes entender que la clasificación de los residuos es de suma importancia, ya que de ella depende la identificación y selección del residuo para desarrollar los



objetivos, las etapas de los procesos y tecnologías involucradas en su valoración. En ese sentido, es necesario que, de acuerdo con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, establezcas su clasificación por al menos los tres rubros siguientes:

- a. Por composición
- b. Por origen
- c. Por manejo

1.2.1. Clasificación por composición

Dentro de los residuos valorables puedes englobar un sinnúmero de materiales que debes conocer en profundidad para aprovecharlos correctamente. La evolución experimentada por la sociedad ha hecho que los residuos inorgánicos, tradicionalmente la fracción minoritaria, hayan dado paso a otros productos nuevos, en especial los que son procedentes de los envases y embalajes.

El grupo de los residuos con posibilidades de reaprovecharse integra una serie de productos que se podrían clasificar por su composición en orgánicos e inorgánicos. En la siguiente tabla se muestra una relación de estos dos tipos de desechos:

Clasificación de los residuos por su composición.

Clasificación	Componentes y/o procedencia	Estado de agregación	Posibilidad de valoración
Materia orgánica	Restos de comida, jardinería, estiércol, residuos de mataderos y otros materiales fermentables.	Líquido, sólido y mezcla húmeda sólida-líquida.	Constituyen el principal componente de los residuos, que tiende a disminuir en las sociedades más desarrolladas; no obstante, es de los materiales con mayores posibilidades de valoración.
Vidrio	Botellas, envases de alimentos, etc. De vidrio transparente, verde y ámbar.	Sólido	La recogida y reutilización diferenciada de esta fracción está cada vez más extendida,



			por lo que su valoración es una etapa común de los procesos de manufactura de este material.
Papel y cartón	Periódicos, papel en general, cajas y envases.	Sólido	Esta fracción ha experimentado importantes incrementos en los últimos años y su reciclamiento en origen está en expansión.
Plásticos	Botellas y envases para líquidos, envases y embalajes. Bajo este nombre se agrupan diferentes polímeros que, en general, pertenecen a alguno de los grupos que se relacionan a continuación: Policloruro de vinilo (PVC), polietileno tereftalato (PET), polietileno de alta densidad (PEAD), polietileno de baja densidad (PEBD), polipropileno (PP) y poliestireno (PS).	Sólido	La recuperación y reciclaje de los materiales plásticos aún no está generalizada; no obstante, debido a la crisis del petróleo, su reciclamiento tiende a incrementarse.
Madera	Materiales para empaquetamiento, restos usados en mobiliario o en la construcción.	Sólido	Este material ha incrementado su volumen y por sus características puede ser reciclable u opcional para la generación de energía.



Metales ferrosos y no ferrosos	Recipientes de hojalata, bienes de línea blanca, mobiliarios, etc.	Sólido	Posibilidad de recuperar hierro, cobre, plomo y aluminio.
Aceites y lubricantes	Para automóviles, camiones y maquinaria industrial.	Sólido y líquido	Su generación va en aumento. Pueden ser reprocesados para su reutilización o como combustible.
Aceites y grasas comestibles	Para preparación y conservación de alimentos.	Sólido y líquido	Son residuos en proceso de expansión. Pueden ser reprocesados para su reutilización o como biocombustibles.
Neumáticos	Para automóviles y transportes terrestres y aéreos en general.	Sólido	Son desechos en crecimiento. Pueden ser reutilizados como combustibles.
Baterías de plomo	Para automóviles y camiones.	Sólido y líquido	Pueden ser trituradas para recuperar componentes individuales como ácidos, plástico y plomo.
Componentes electrónicos	Computadoras, celulares, televisiones, componentes de audio, etc.	Sólido	Pueden ser trituradas para recuperar componentes individuales como cobre, plástico y oro.
Pilas alcalinas	Domésticas, de oficinas, industrias, etc.	Sólido	Potencial para la recuperación de zinc, mercurio y plata. Su volumen ha crecido exponencialmente por su demanda en celulares y aparatos electrónicos.
Residuos de construcción y demolición	Suelo, asfalto, hormigón, grava y metales.	Sólido	Potenciales para su reciclado y recuperación de sus subproductos.



Otros materiales con poder energético	Gases de rellenos sanitarios, pinturas, disolventes, cuero, textiles, etc.	Sólido y líquido	Su potencial se basan en el poder calórico que poseen para aprovecharlos como fuente energética.
---------------------------------------	--	------------------	--

Con información de: SEMARNAT (2013).

Como puedes ver, hasta ahora se ha mencionado que los residuos pueden ser clasificados de acuerdo a su origen su composición y su manejo, y cómo los residuos han aumentado y se han transformado en la medida que las sociedades han obtenido mayores recursos económicos. En esta parte solo nos hemos referido a la clasificación de los residuos potencialmente valorables de acuerdo a su composición. A continuación, analizaremos la clasificación según su origen y manejo.

1.2.2. Clasificación por origen

La clasificación de los residuos por su origen constituye un parámetro relevante para su selección como material aprovechable, ya que muchas de sus características y propiedades están determinadas por su utilidad, el lugar y la forma en la que se originan. Esta clasificación te facilitará el planteamiento de los objetivos de valoración, al definir la procedencia del residuo, la cual, por lo general, está asociada a su composición.

De acuerdo con el origen de los desechos, se obtienen los siguientes subgrupos de residuos con capacidad para ser valorables (Tchobanougus, et.al. 1993):

Residuos domiciliarios

Se clasifican como residuos domiciliarios aquellos generados en las casas habitación, así como los que por su naturaleza o composición son similares a éstos, por ejemplo, los de los mercados, de limpieza y barrido de calles, comerciales y de oficinas, de mantenimiento de zonas verdes, centros educativos, etc. Estos residuos son los que se generan en mayor abundancia. Cabe resaltar que, dentro de los residuos domiciliarios, también se encuentra una fracción de residuos que por sus características pueden ser denominados como peligrosos, tales como desechos de productos de limpieza, pinturas, solventes y medicamentos caducos entre otros. No



obstante, aunque se generan pequeñas cantidades, es necesario separarlos del resto de los residuos urbanos y tratarlos para que se minimice su impacto sobre el medio.

Residuos industriales

Se clasifican como residuos industriales aquellos producidos por la industria (Tchobanoglus, et.al., 1993). Si bien, se tiende a equiparar los conceptos de “residuo industrial” con “residuo peligroso”, esto no es cierto en todos los casos, pudiendo hacerse una primera subclasificación separándolos en:

- a. Residuos industriales asimilables a residuos domiciliarios o urbanos
- b. Residuos inertes
- c. Residuos peligrosos

Cabe resaltar que, por regla general, las dos primeras opciones son las que representan a materiales con posibilidades de valoración, ya que, por sus riesgos inherentes, el aprovechamiento de los residuos peligrosos resulta una práctica poco recomendable.

Residuos de construcción y demolición

Se definen como residuos de construcción y demolición aquellos de naturaleza fundamentalmente inerte, generados en obras civiles de excavaciones, nuevas construcciones, remodelaciones, rehabilitaciones y demoliciones, incluidos los de obra menor y acondicionamiento de espacios de amplia envergadura (Tchobanoglus, et.al., 1993).

Para estos residuos, la opción que se tiene es reciclarlos como rellenos en obras de nivelación de terrenos, mezclar una fracción de ellos con materiales vírgenes y formar materiales alternos para construcción, entre otros.

Residuos sanitarios

Se llaman residuos sanitarios a todos los residuos (cualquiera que sea su estado) generados en centros sanitarios, laboratorios clínicos y farmacéuticos, incluidos los envases, y residuos de envases que los contengan o los hayan contenido. Dentro de esta clasificación se tienen pocas condiciones para llevar a cabo la valoración, debido a la naturaleza citotóxica, biológica-infecciosa, carcinogénica y mutagénica



de los residuos. No obstante, una factible opción de aprovechamiento sería la incineración de algunos de sus constituyentes como generadores de energía.

Residuos mineros

La explotación de los recursos minerales produce un elevado volumen de residuos sólidos, fundamentalmente inertes (como la ganga de los minerales, para tener acceso a los materiales valiosos. Se consideran residuos mineros aquellos producidos durante la prospección, extracción, valoración, eliminación y almacenamiento de recursos minerales, así como de la explotación de canteras. Debes saber que esta clase de residuos es clasificada de acuerdo a diferentes criterios, entre los que destacan: el tipo de industria de la que provienen (construcción, metalúrgica, etc.) y los usos que se le pueden dar como subproductos (áridos, materiales aislantes y filtrantes, entre otros).

Residuos agrícolas, ganaderos y forestales

Estos residuos provienen de las actividades agrícolas, ganaderas y forestales. Los residuos agrícolas son desechos de plantas cultivadas, que son separados de la parte destinada al consumo. Deben ser recogidos para evitar su acumulación sobre el espacio que se ocupará para un nuevo ciclo de cultivo. Por su parte, los residuos ganaderos son los producidos como consecuencia de la agrupación de especies animales (granjas, establos, mataderos y curtidurías, entre otros) destinadas al servicio del ser humano con el fin de aprovechar sus productos y derivados. A su vez, los residuos forestales son los resultantes de las actividades de la tala de la madera para fines comerciales o para prevenir la aparición de plagas o incendios.

Como te resulta evidente, la valoración que se da a estos residuos es variado ya que depende de sus características y procedencia. Por ejemplo, los residuos agrícolas y forestales generalmente tienen un elevado poder calorífico y un porcentaje de humedad bajo, lo que permite su incineración con recuperación de energía, su gasificación o pirólisis. Por otra parte, los residuos ganaderos tienen un alto porcentaje de humedad, por lo que, para su aprovechamiento, se necesita de tratamientos bioquímicos para la producción de biogás y generación de composta, dos de las técnicas más empleadas para su valoración.

A continuación, se revisará la clasificación por manejo, la cual orienta las actividades primarias, por parte del gobierno o la iniciativa privada encargada,



respecto a su recogida, clasificación y transporte, para que, en conjunto con las dos clasificaciones adicionales, revisadas previamente, defina el tipo de valoración que se requiera para esta clase de residuo.

1.2.3. Clasificación por manejo

Se puede clasificar un residuo en función de alguna característica asociada al manejo que debe ser realizado. De acuerdo con Craviotto y Rossi (2000) la clasificación de los residuos comprende tres grupos, los cuales son:

Residuos sólidos urbanos

Estos residuos son generados en localidades de más de 2500 habitantes (SEMARNAT, 2013), de manera que los principales generadores son las casas habitación y centros con desechos afines como restaurantes, centros comerciales, etc., además, áreas de servicio (escuelas, oficinas de gobierno, museos, etc.) y de la recogida en los sitios públicos (avenidas, parques, plazas, entre otros). Estos espacios eliminan residuos que tienen características comunes: materiales orgánicos (restos de comida, hojas y ramas de árboles y plantas, principalmente) y materiales inorgánicos (papel, envases, envolturas plásticas, metálicas y de cartón y vidrio, fundamentalmente). Todos estos residuos tienen un amplio potencial para reciclarlos o reutilizarlos.

Residuos de manejo especial

Debes saber que estos residuos son los que resultan de procesos productivos, que no tienen las características para ser ubicados como residuos peligrosos, como residuos sólidos urbanos o como los que se producen por grandes generadores de residuos sólidos urbanos. Los generadores de este tipo de residuos pueden ser servicios de salud, de transporte, lodos de plantas de tratamiento de aguas residuales, de construcciones y demolición, electrónicos, etc.

Residuos peligrosos

Este tipo de residuos presentan características especiales denominadas como CRETIB (corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad y biológica-infecciosa). Este criterio también incluye cualquier tipo de recipiente,



envase y suelo que se contamine cuando es transferido a otro sitio por presencia de una o más características CRETIB.

Ejemplos de residuos peligrosos son algunos de los desechos que provienen de las industrias textiles (cromo y colorantes ácidos), mineras (jales y restos de explosivos), energéticas (aceites, combustibles, bifenilos policlorados), químicas y farmacéuticas (sustancias reactivas y tóxicas), petroleras (alquitranes, emisiones atmosféricas), agropecuaria y forestal (biocidas y fertilizantes), hospitalarias (biológicos infecciosos y cancerígenos), cementeras y ladrilleras (cenizas y hollín), de polímeros (solventes y materiales explosivos), etc.

Cabe señalar que, a diferencia de los residuos urbanos y los de manejo especial, la valoración de los residuos peligrosos está limitada por las características intrínsecas de estos materiales. Por esta razón, las escasas opciones de aprovechamiento de algunos residuos peligrosos son la recuperación de algunos de sus subproductos, la incineración, si es que el desecho cuenta con el poder calorífico suficiente para obtener energía por su incineración o el co-procesamiento para su integración a un proceso productivo alterno.

Ya que has identificado los distintos tipos de desechos generados, lo que sigue es determinar de qué tipo de residuo se trata y qué propiedades particulares tiene. Esta identificación, en conjunto con su clasificación, te permitirá contar con información para proponer alternativas de gestión de los residuos valorables. Por ello, en el capítulo siguiente, se te presentan las características físicas, químicas y biológicas de los residuos a valorar, conforme a lo establecido por la legislación disponible.

1.3. Caracterización de los residuos valorables

La primera etapa de la gestión eficiente de los residuos valorables consiste en que identifiques, mediante los criterios de clasificación que ya se mencionaron, cada uno de los desechos. Para este efecto, es necesario que lleves a cabo un cuidadoso análisis de los procesos que conforman al sitio donde se generan los desechos (casa habitación, empresa, municipio, etc.) con el fin de determinar el tipo, el origen, los puntos de generación y los volúmenes de los residuos que sean viables para su valoración.

Para el caso de México, se cuentan con las Normas Mexicanas de Residuos Sólidos (NMX-AA), las cuales determinan las características de los residuos. Además, de



reconocer a los residuos por su composición física, química y biológica. La caracterización permite contar con información técnica relevante para seleccionar y diseñar eficientemente los procesos y tecnologías de valoración de residuos. A continuación, se te enlista una relación de las NMX, las cuales puedes consultar en línea (Dirección General de Normas 2013):

- 16-1984 (humedad)
- 18-1984 (cenizas)
- 24-1984 (nitrógeno)
- 25-1984 (pH)
- 92-1984 (azufre)
- 15-1985 (cuarteo)
- 19-1985 (peso específico o densidad)
- 21-1985 (materia orgánica)
- 22-1985 (subproductos)
- 33-1985 (poder calorífico)
- 52-1985 (muestreo)
- 61-1985 (generación)
- 67-1985 (carbono/nitrógeno)
- 68-1986 (hidrógeno)
- 90-1986 (oxígeno)

Adicionalmente, si deseas consultar los métodos de prueba para la caracterización de los residuos sólidos, consulta los brindados por la EPA (2012).

Recuerda que, si no estás seguro de la procedencia y los posibles factores de riesgo potencial, deberás hacer un análisis CRETIB, el cual consiste en realizar un estudio a los residuos que se deseen valorar para determinar si son corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos o biológico-infecciosos, y definir su peligrosidad al ambiente. Si deseas profundizar en el análisis, la Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005 establece las características, el procedimiento de identificación, la clasificación y los listados de los residuos peligrosos que podrías enfrentarte durante la gestión de los residuos valorables. Asimismo, las normas complementarias que involucran el manejo de un residuo peligroso son las siguientes:

- NOM-053-SEMARNAT-1993. Que establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.



- NOM-054-SEMARNAT-1993. Que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la norma oficial mexicana NOM-052-ECOL-1993.
- NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002, Protección ambiental-Salud ambiental. Residuos peligrosos biológico-infecciosos- clasificación y especificaciones de manejo.

Hasta ahora, has revisado la clasificación de los residuos de acuerdo a su origen y a su manejo. Estos elementos te serán útiles para facilitar la identificación de las propiedades particulares de cada uno de los residuos. Las propiedades de los residuos se obtienen a partir de la caracterización física, química y biológica de los éstos, las cuales se analizan a continuación.

1.3.1. Caracterización física

La importancia de que conozcas las propiedades físicas de los residuos con potencial para su valoración radica en prever y organizar los sistemas de recogida, separación, transporte, selección y dimensionamiento de los procesos y equipos involucrados en la transformación de dicho residuo a recurso aprovechable. En esta sección se consideran las propiedades físicas relevantes del residuo, entre otras se encuentran:

- **Contenido de humedad (%)**
El porcentaje de humedad se determina a partir de la diferencia entre el peso húmedo y el peso seco de los residuos con respecto al peso húmedo o peso total de los residuos.
- **Compresibilidad**
Es el grado de compactación o reducción de volumen de una masa de *residuos* sólidos sujetos a una bajo presión determinada.
- **Temperatura**
Es el valor que muestra el grado de actividad de un residuo, el cual se traduce en la capacidad de degradación de mayor o menor velocidad, ya que un residuo que se encuentra a mayor temperatura es susceptible de mayor degradación en un menor tiempo.



- **Estado de agregación** (a 20°C)
Es la fase sólida, líquida, gaseosa o una mezcla de ambas dentro del volumen total que conforma a los residuos a esta temperatura.
- **Punto de inflamación**
Es la temperatura a la cual se desprende vapor en cantidades suficientemente significativas para formar una mezcla que puede incendiarse cuando se pone en contacto con el aire.
- **Densidad** (a 20°C)
La densidad o el peso específico de los residuos sólidos. Sirve, principalmente, para determinar el volumen ocupado por una masa de residuos. Sus unidades en el SI son (kg/m^3).
- **Solubilidad** (20°C)
Es la masa (o volumen) máxima de un residuo, en cualquier estado de agregación, que se disuelve en 100 gramos de disolvente a la temperatura determinada. Normalmente el disolvente es el agua.

Debes saber que los procedimientos para la determinación analítica de cada uno de estos parámetros se ubican en las normas NMX, citadas en el presente capítulo, y las fuentes de consulta seleccionadas para esta unidad (EPA, 2012., Tchobanoglous et. al., 1993).



En el documento *Concepto y clasificación de los residuos urbanos asimilables*, del autor Avanzini, observarás en el primer capítulo conceptos y clasificación de los residuos urbanos que son asimilables. **Consúltalo** en la sección *Para saber más*.



1.3.2. Caracterización química

La composición de los residuos te será útil para diseñar los procesos de tratamiento y para ayudarte a determinar si son o no valorables. Principalmente, su composición la utilizarás para hacer diseños de sistemas de incineración de residuos, pero también para proponer los procesos de aprovechamiento biológicos como el compostaje y la digestión anaeróbica. También, te será útil para conocer la composición química y estimar la generación de los productos valorables como, por ejemplo, la cantidad de biogás obtenido en un relleno sanitario o cuánta composta se puede formar por este proceso.

En esta sección se consideran las propiedades químicas relevantes del residuo. Las más importantes son:

- **Contenido de carbono, nitrógeno, fósforo, nitrógeno y oxígeno**

Se refiere a la cantidad en masa de cada uno de estos elementos en una masa de residuos determinados. Estas relaciones indican el índice de biodegradabilidad del desecho.

- **Índice de biodegradabilidad**

Es la relación entre la capacidad química y biológica de descomposición de un residuo hacia sustancias más estables o inertes.

- **Poder calórico**

Es la cantidad de energía capaz de desprenderse durante una reacción de combustión o incineración, medida como J/kg en el SI. El poder calórico se mide para residuos que se planeen valorar energéticamente.

- **Estabilidad**

Un residuo es estable si no es particularmente reactivo en el ambiente y mantiene sus propiedades físicas y químicas en la escala de tiempo.

- **Reactividad**

En oposición a la estabilidad, la reactividad es la capacidad que tiene un residuo de transformarse químicamente a lo largo del tiempo.

- **pH**

Es la medida de acidez o alcalinidad de una sustancia. En el caso de un residuo, las fuentes de generación de acidez o de basicidad están determinadas por sus componentes y origen. Si son desechos alimentarios serán ligeramente ácidos. Si provienen de productos de limpieza pueden ser tanto ácidos como alcalinos.



Ahora ya conoces las características químicas de los RS, en el siguiente subtema revisarás las características biológicas de éstos.

1.3.3. Caracterización biológica

Una de las características biológicas de mayor relevancia en la fracción orgánica de los RS, se encuentra en sus componentes orgánicos que pueden ser convertidos biológicamente en gases y sólidos orgánicos e inorgánicos, relativamente inertes, que se integran perfectamente en el medio natural.

Los procesos de recuperación de materia orgánica contenida en los RS buscan la producción de fertilizantes y el aprovechamiento energético del biogás producido. Para llevar a cabo estos procesos de recuperación es necesario conocer las características de biodegradabilidad de este tipo de residuos.

La biodegradabilidad es la transformación de las fracciones orgánicas de los RS, mediante la participación de los microorganismos, en otras sustancias, orgánicas o inorgánicas (nitrógeno, fósforo, calcio, magnesio, etc.) asimilables por el medio.

Dentro de la caracterización biológica, se deben incluir estudios para descartar riesgos biológicos infecciosos, los cuales deben considerar la detección de microorganismos (coliformes fecales, parásitos, hongos y virus) que pueden producir enfermedades infecciosas para el personal de recolección y para quien esté en contacto con ellos durante todo el proceso de caracterización.



Existen diversos métodos que permiten la identificación de estos microorganismos, entre los más utilizados está el número más probable (NMP), el cual es un método que indica el número aproximado de bacterias provenientes de desechos fecales que hay en una muestra. Si deseas consultar el procedimiento analítico de estas pruebas microbianas consulta el Manual de Prácticas de Laboratorio de Microbiología General (2012). Este lo puedes encontrar en la carpeta *Material de estudio*.



La identificación de las características biológicas de la basura se estudia cuando los riesgos patógenos son de tal magnitud que representan un peligro potencial al personal de recolección y a la comunidad que se encuentre expuesta. También se estudian cuando se va a generar composta, ya que, al ser un producto obtenido de la degradación aeróbica y termofílica de materiales putrescibles de la basura, la intervención de los microorganismos es fundamental.

1.4. Criterios de valoración de un residuo

Los criterios técnicos y económicos son herramientas que te permiten identificar si un residuo cuenta con las condiciones potenciales para insertarse en los procesos productivos ya sea como materia prima o como recurso energético. Una vez que el residuo reúne los requisitos técnicos y económicos para su aprovechamiento, se deben considerar factores que influyen y que son complementarios a todo proyecto ambiental que se desee implementar (diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios, plantas de tratamiento de aguas residuales, remediación de suelos contaminados, etc.), en especial, si el objetivo es desarrollar un proyecto de valoración para el aprovechamiento comercial y ambiental de los desechos.

Estos factores son principalmente los de tipo legal, administrativo y ambiental. Recuerda que los aspectos legales los revisaste en la asignatura Legislación y normatividad, los temas administrativos los examinarás en la materia Administración para ingenieros y los factores ambientales y sus impactos por distintos contaminantes los has revisado en distintas asignaturas como Ecología, Sociología ambiental, Educación ambiental, Economía y ambiente y Ética ambiental, entre otras. Estos conocimientos deberás tenerlos en cuenta al momento de identificar un residuo con potencialidad para ser aprovechable.



1.4.1. Criterios técnicos

Los criterios técnicos tienen por objetivo identificar las condiciones que hagan factible a un residuo para ser aprovechable a partir de su transformación física, química y/o biológica mediante procesos y tecnologías de valoración. Los elementos técnicos que debes considerar para identificar si un residuo cuenta con condiciones valorables son los siguientes:

Potencial de valoración

El potencial de valoración implica el porcentaje del residuo que es capaz de transformarse mediante procedimientos físicos, químicos y biológicos, a un recurso aprovechable como materia prima o como producto terminado. Existen materiales que poseen un 100% de potencial para su valoración, ya que su totalidad puede ser convertida a otros materiales; por ejemplo, el PET. El PET se utiliza en envases de bebidas, el cual puede ser reciclado completamente a tejidos de poliéster para ropa o alfombras, láminas, etc. En otros casos, su potencial es mínimo y poco rentable e incluso riesgoso para la integridad humana, como es el caso de la mayoría de los residuos peligrosos porque su fabricación involucra sustancias tóxicas.

A partir de la información que obtengas de la clasificación (por origen, composición y manejo) y caracterización (física, química y biológica) establecerás las opciones de valoración de los residuos. Dentro de estas opciones definirás si el residuo es adecuado para uno o varios de los procesos de valoración que se te presentarán en la unidad 2.

Eficiencia de conversión

Para la identificación de los procesos de valoración debes tomar en cuenta la eficiencia de conversión, la cual se conoce también como índice de aprovechamiento de los residuos con que se cuenta inicialmente. Este índice implica la diferencia entre el volumen inicial de residuos (o entrada requerida) y el volumen final de residuos (salida deseada). Las razones de esta diferencia son debidas a distintos factores; entre los principales destacan las características físicas y químicas intrínsecas del residuo, las propiedades termodinámicas de los desechos que se destinen a la recuperación energética, el grado de separación si están mezclados con otros materiales, y las condiciones de recogida y transporte.



Grado de separación

Existen varios grados de separación de los residuos sólidos. La separación más simple, pero la más útil es la de separar primero a los orgánicos de los inorgánicos; posteriormente se hace la separación de los inorgánicos en diferentes categorías como: plásticos, papel y cartón, vidrio, madera, aluminio y metales y otros (electrodomésticos, pilas, ropa, aceite de cocina, etc.). En esta separación se debe considerar la clasificación por origen, composición y manejo, con el fin de identificar y facilitar el grado de separación. De esta manera, se permitirá la minimización de aquellos residuos que no presenten condiciones para ser valorables.

Grado de homogeneidad

Este criterio se refiere al grado de similitud que existe entre las características físicas, químicas y biológicas de un conjunto de residuos. Este factor es relevante ya que la homogeneidad afecta directamente la eficiencia de valoración de los desechos. A medida que los residuos presenten un bajo grado de separación y por consecuencia menor homogeneidad, los problemas operativos y de manejo aumentarán y los costos de procesamiento serán mayores. Por ejemplo, si un lote de residuos orgánicos con viabilidad para llevarlos a compostaje presenta volúmenes considerables de materiales inorgánicos, afectará el rendimiento por aumento de los tiempos de biodegradación microbiana, lo que a su vez disminuirá la calidad del subproducto esperado.

Disponibilidad de tecnología para su valoración

El diseño de instalaciones para la valoración de residuos en zonas de México debe basarse en la aplicación adecuada de los procesos y tecnologías actuales. Se debe tener especial cuidado en la elección de los métodos que se utilizan en países con recursos y con amplio desarrollo tecnológico. En estos países, los proyectos de valoración requieren de mucho capital y de un alto grado de mecanización y automatización a fin de reducir la mano de obra, la cual es cara. Sin embargo, en países con amplia disponibilidad de mano de obra, la puesta en marcha de proyectos de aprovechamiento de desechos debe considerar este elemento como ventaja a fin de que se generen más puestos de trabajo a partir de tecnología y procesos que sean mucho más sencillos de operar y que además cuenten con la ventaja de utilizar recursos y materiales locales. Por ello, un tecnólogo ambiental debe asegurarse de que las tecnologías y procesos de valoración a elegir estén en



concordancia, no solo con la clasificación y características del residuo, sino con las condiciones legales, económicas y sociales de la localidad.

Riesgos potenciales de manejo

Se identifican los riesgos potenciales de manejo cuando los desechos son caracterizados como residuos peligrosos (corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables o biológicos-infecciosos) o si presentan condiciones de persistencia y bioacumulabilidad que limite o imposibilite su manejo como residuo aprovechable. Esta condición es un criterio técnico adicional para decidir si un residuo puede ser o no valorable.

En términos generales, con la aplicación de los criterios técnicos puedes establecer si un residuo cuenta con las condiciones para ser manipulado por los procesos y tecnologías de valoración disponibles. No obstante, es necesario revisar si el residuo y las condiciones económicas del sitio donde se genera y donde puede ser reutilizable o reciclable son adecuados para su valoración. Por esta razón, debes darte cuenta de que los criterios económicos son de relevancia para desarrollar proyectos de aprovechamiento de los desechos. A continuación, analizarás estos criterios (Craviotto y Rossi, 2000, y Secretaría de Desarrollo Sustentable, 2000).

1.4.2. Criterios económicos

Los criterios económicos son indicadores relevantes para que tomes decisiones respecto a si vale la pena invertir recursos para el desarrollo de un proyecto de valoración de residuos o no. Los criterios económicos integran en su análisis tanto los costos monetarios como los beneficios expresados en otras unidades relacionadas con las mejoras en las condiciones ambientales y sociales de un grupo o comunidad al valorar un residuo.

En la elaboración del análisis económico debes buscar que los residuos como tales o los materiales que lo componen tengan un alto valor económico para el generador o para un tercero, es decir que conciba un beneficio en su manejo integral a través de la reducción de costos para el generador o que sea rentable para el generador o para el tercero con base en las posibilidades técnicas y económicas del residuo para:



- a. Su aprovechamiento mediante su reutilización, reciclado o recuperación de materiales secundarios o de energía.
- b. Su co-procesamiento a través de su venta o traslado a un tercero.
- c. La recuperación de sus componentes, compuestos o sustancias.

Los principales criterios económicos que deben considerarse para la valoración de un residuo son:

- Costos de compra como residuo para su valoración.
- Costos de separación y homogenización.
- Costos de venta del residuo valorado.
- Índices de desempeño en el mercado en el presente y a futuro (situación y tendencias de volúmenes y diversidad de residuos generados, número de proveedores y consumidores, demanda actual y a futuro).
- Fluctuaciones en su generación (por volumen y composición).
- Frecuencia en su generación (por día, semana o mes).
- Costos de adquisición, operación y mantenimiento de los procesos y tecnologías de valoración disponibles (EPAM S.A. E.S.P., 2008).



Para ampliar tus conocimientos y conocer un caso práctico sobre esta temática, consulta el artículo publicado por el INECC titulado *Criterios Ecológicos para la Valoración Económica de los residuos Generados por Actividades Industriales*. En este documento, revisarás cuáles fueron los criterios ecológicos para la valoración económica de los residuos generados por la industria. Consúltalo en la carpeta *Material de estudio*.

Un ejemplo de aplicación de los criterios técnicos y económicos es la valoración de las llantas usadas de autos. Este residuo ha incrementado significativamente su volumen a escala mundial. La situación que enfrenta es la dificultad para deshacerse de ellas debido a la naturaleza de sus componentes. Esta situación implica uno de los más graves problemas ambientales para la sociedad actual, ya que han sido diseñadas para resistir condiciones mecánicas y meteorológicas



extremas. Son resistentes al ozono, la luz y las bacterias, lo que las hace poco biodegradables a lo largo del tiempo.

A partir de este ejemplo, a continuación, se muestra un breve desarrollo de los criterios técnicos y económicos involucrados en la valoración de este residuo:

Criterios técnicos	
Clasificación por origen, composición y manejo	Una llanta es un elemento que permite el desplazamiento de distintos vehículos, maquinarias y equipos móviles. Su presencia como residuo se origina por su desgaste natural o por accidentes durante su rodamiento. Se compone principalmente por caucho natural o sintético, encordado de acero y fibra textil. Por su manejo, se considera como de manejo especial, ya que no es considerado ni como residuo peligroso, ni como sólido urbano.
Características físicas y químicas	Su peso promedio es de 8.6 kg; su volumen es de 0.06 m ³ ; al ser un sólido compacto a 20°C, su humedad es de 0%; su poder calorífico es equivalente al del aceite combustible, aproximadamente 40 MJ/kg; contiene carbono, nitrógeno, hidrógeno, hierro, azufre y otras trazas de elementos metálicos y no metálicos.
Potencial de valoración	Su potencial es amplio, ya que puede ser reutilizable (reencauchamiento) y reciclable (regeneración del caucho, generación de energía, producción de asfalto y fabricación de nuevos materiales).
Eficiencia de conversión	Depende del tipo de reutilización o reciclaje que se plantee. Puede llegar a ser hasta del 100% si se emplea, por ejemplo, para reencauchamiento, apilamiento y generación de energía.
Grado de separación	Por sus características físicas (tamaño y estado de agregación), generalmente su separación del resto de los residuos es completa.
Grado de homogeneidad	Debido a su grado de separación, los lotes de este residuo se presentan por lo general homogéneos en su totalidad.



Disponibilidad de tecnología para su valoración	Es variable si se desea llevar a cabo procesos de reciclaje. Si se proyecta la incineración para generar energía o el reencauchamiento, los procesos y tecnologías son aún incipientes en México.
Riesgos potenciales de manejo	Son limitados, el principal es el riesgo de incendio por su alto poder calórico y como consecuencia, al formar compuestos de nitrógeno y azufre, peligro de intoxicación y asfixia.
Criterios económicos	
Costos de compra como residuo para su valoración	Al ser un problema de generación amplia de estos residuos prácticamente no tienen costo, únicamente los asociados a su recogida, transporte y almacenamiento.
Costos de venta del residuo valorado	No se cuenta con datos disponibles confiables en México. Además, depende del producto generado.
Índices de desempeño en el mercado en el presente y a futuro (situación y tendencias de volúmenes y diversidad de residuos generados, número de proveedores y consumidores, demanda actual y a futuro).	La tendencia es de amplio crecimiento, debido al crecimiento en volumen de estos residuos y a los paulatinos incrementos en sus costos de las llantas en el mercado. En ese sentido, existe un gran volumen de generadores y limitados proveedores del residuo valorado en México, por lo que existe poca competencia en el ramo.
Fluctuaciones en su generación (por volumen y composición).	Las fluctuaciones son mínimas. En realidad, presentan un crecimiento sostenido debido a la creciente venta de automóviles en México.
Frecuencia en su generación (por día, semana o mes)	Su frecuencia de acopio es constante, ya que el volumen del parque vehicular en México es mayor a los 26 millones de unidades (Secretaría de Economía, 2011). Cifra que representa el aseguramiento en cantidad y frecuencia constante del residuo.
Costos de operación y mantenimiento de los procesos y	Depende del tipo de reutilización o reciclaje que se proyecte. Por ejemplo, si se usan para ornato o apilamiento, prácticamente no se requiere de costos de



tecnologías de valoración disponibles

operación y mantenimiento. En cambio, si se desea hacer la valoración energética, los costos pueden ser elevados, al requerirse hornos y equipo de contención de las emisiones volátiles.

Cierre de la Unidad

Durante el desarrollo de esta unidad comprendiste que el manejo de los residuos constituye uno de los principales problemas ambientales a los que nos enfrentamos ya que su generación aumenta conjuntamente con la urbanización y la industrialización y con el incremento de la población. El alto consumo de productos es característico de estos tiempos y trae como consecuencia la generación de grandes cantidades de residuos en periodos muy cortos, por lo que es necesario dar pronta solución mediante la prevención, la minimización y el aprovechamiento de éstos.

Es por esto que esta asignatura te presentó una solución a la problemática de los residuos mediante la implementación de procesos de aprovechamiento y reutilización de los diferentes materiales que conforman la llamada “basura”. La finalidad de estos procesos es la de obtener productos o subproductos, susceptibles de ser reintroducidos en los ciclos económicos. Por lo tanto, la ingeniería de valoración de residuos te permite desarrollar estrategias que cumplan con ese objetivo.

Asimismo, en esta unidad aprendiste acerca de los elementos y conceptos básicos en los que se basa la valoración de residuos, su gestión y su situación actual en México. También aprendiste a clasificar y caracterizar los residuos para establecer si son o no potencialmente aprovechables, mediante la aplicación de ciertos criterios técnicos y económicos.

Con base en estos conocimientos, realizaste algunas actividades que conforman la primera parte del desarrollo de un proyecto de ingeniería conceptual para la valoración de un residuo en un lugar específico.

Como te das cuenta, la ingeniería de valoración de residuos es una herramienta útil para el diseño, la implementación y el manejo de todo procedimiento que posibilite el aprovechamiento de los recursos contenidos en los residuos sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar métodos que puedan causar perjuicios al ambiente.



Para saber más



Consulta la *Guía de Buenas Prácticas para la Gestión de Residuos Industriales*, publicada por la Federación Asturiana de Concejos, España. El documento describe la metodología para desarrollar la gestión de los residuos, en particular las etapas previas, mismas que son afines a la gestión de los residuos valorables. Adicionalmente, contiene información que establece la identificación y caracterización analítica de los residuos. Da *clic* en el siguiente enlace:

http://www.asturcons.org/docsnormativa/3491_217.pdf



Documento de divulgación denominado *Concepto y clasificación de los residuos urbanos asimilables*, publicado por la Junta de Andalucía, España, del autor Juan M. Avanzini de Rojas, que pretende explicar una clasificación de los residuos por origen y tipo.

Asimismo, el autor hace una descripción de los residuos que provienen por tipo de comunidad y por la fuente de producción. Para su consulta, da clic en el siguiente enlace:

http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Boques_Tematicos/Educacion_Y_Participacion_Ambiental/Educacion_Ambiental/Educam/Educam_IV/MAU_RU_y_A/rua01.pdf

Glosario

Este glosario te ayudará a comprender algunos de los conceptos y términos que se manejan en esta unidad. Está basado en la Ley General para la Prevención y Gestión de Residuos Sólidos.

Almacenamiento. Colocación temporal de los residuos en recipientes, depósitos contenedores retornables o desechables mientras se procesan para su aprovechamiento, transformación, comercialización o se presentan al servicio de recolección para su tratamiento y disposición final.

Aprovechamiento de los residuos. Proceso mediante el cual, a través de un manejo integral de los residuos sólidos, los materiales recuperados se reincorporan al ciclo económico y productivo en forma eficiente, por medio de la reutilización, el reciclaje, el tratamiento térmico con fines de generación de energía y obtención de subproductos, la estabilización de la fracción orgánica o cualquier otra modalidad que conlleve beneficios sanitarios, ambientales y/o económicos.



Aprovechamiento energético. Actividad que consiste en la recuperación de la energía contenida en los residuos, mediante procesos térmicos controlados de combustión, que garanticen el consumo de los compuestos orgánicos y además que posean sistemas adecuados que permitan controlar las emisiones gaseosas generadas, de acuerdo con la legislación vigente.

Biogás. Mezcla de gases, producto del proceso de descomposición anaeróbica de la materia orgánica o biodegradable, cuyo componente principal es el gas metano.

Caracterización de los residuos. Determinación de las características cualitativas y cuantitativas de los residuos sólidos, identificando sus contenidos y propiedades.

Centro de acopio. Lugar en el cual se desarrollan acciones tendientes a reunir productos desechados o descartados por el consumidor al final de su vida útil, en un lugar acondicionado para tal fin, de manera segura y ambientalmente adecuada, a fin de facilitar su recolección y posterior manejo integral.

Composta. Producto final del proceso de compostaje.

Compostaje. Proceso de oxidación aerobia de materiales orgánicos que conduce a una etapa de maduración mínima (estabilización), se convierten en un recurso orgánico estable y seguro para ser utilizado en la agricultura.

Contaminante. Materia o energía en cualquiera de sus estados físicos y formas, que al incorporarse o actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier elemento natural, altere o modifique su composición y condición natural.

Contenedor. Recipiente en el que se depositan los residuos sólidos para su almacenamiento temporal o transporte.

Co-procesamiento. Integración ambientalmente segura de los residuos generados por una industria o fuente conocida, como insumo a otro proceso productivo.

Descomposición anaerobia. Degradación de la materia orgánica en ausencia de oxígeno molecular por efecto de microorganismos. Usualmente va acompañada de la generación de ácidos y gas metano.

Disposición final de residuos. Proceso de aislar y confinar los residuos sólidos en especial los no aprovechables, en forma definitiva, en lugares especialmente



seleccionados y diseñados para evitar la contaminación, y los daños o riesgos a la salud humana y al medio ambiente.

Gas generado en el relleno. Gas producido durante el proceso de fermentación anaerobia y/o aerobia, o por efectos de reacciones químicas de los residuos sólidos dispuestos.

Generación. Cantidad de residuos sólidos originados por una determinada fuente (persona o entidad) en un intervalo de tiempo.

Generador o productor. Persona que produce residuos sólidos y es usuaria del servicio.

Gestión integral de residuos sólidos (GIRS). Conjunto de operaciones y disposiciones encaminadas a dar, a los residuos producidos el destino más adecuado desde el punto de vista ambiental, de acuerdo con sus características, volumen, procedencia, costos de tratamiento, posibilidades de recuperación, aprovechamiento, comercialización y disposición final.

Lixiviado. Líquido residual generado por la descomposición biológica de la parte orgánica o biodegradable de los residuos sólidos bajo condiciones aeróbicas o anaeróbicas y/o como resultado de la percolación de agua a través de los residuos en proceso de degradación.

Producción limpia. Proceso productivo en el cual se adoptan métodos, técnicas y prácticas, o incorporan mejoras, tendientes a incrementar la eficiencia ambiental de los mismos en términos de aprovechamiento de la energía e insumos y de prevención o reducción de la generación de residuos.

Producción per cápita. Peso (en kilogramos o toneladas) de residuos producidos por unidad de tiempo y dividido por el número de habitantes. La generación per cápita anual es el peso generado en un año dividido por la población residente del área.

Reciclaje. Proceso mediante el cual se aprovechan y transforman los residuos sólidos recuperados y se devuelve a los materiales su potencialidad de reincorporación como materia prima para la fabricación de nuevos productos. El reciclaje puede constar de varias etapas: procesos de tecnologías limpias,



reconversión industrial, separación, recolección selectiva, acopio, reutilización, transformación y comercialización.

Recolección. Acción y efecto de recoger y retirar los residuos sólidos de uno o varios generadores, efectuada por la persona prestadora del servicio.

Recuperación. Acción que permite seleccionar y retirar los residuos sólidos que pueden someterse a un nuevo proceso de aprovechamiento, para convertirlos en materia prima útil en la fabricación de nuevos productos.

Reducción en el origen. Forma más eficaz de reducir la cantidad, peso y volumen de los residuos, así como el costo asociado a su manipulación y los impactos ambientales. Se encuentra en primer lugar en la jerarquía de una gestión integrada de residuos sólidos.

Residuo. Material o producto cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentra en estado sólido o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, y que puede ser susceptible de ser valorizado o requiere sujetarse a tratamiento o disposición final conforme a lo dispuesto en esta Ley General para la prevención y Gestión de Residuos Sólidos y demás ordenamientos que de ella deriven.

Residuos de manejo especial. Desechos generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos, o que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos.

Residuo sólido o desecho. Objeto, material, sustancia o elemento sólido resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales o de servicios, que el generador abandona, rechaza o entrega y que es susceptible de aprovechamiento o transformación en un nuevo bien, con valor económico o de disposición final. Los residuos sólidos se dividen en aprovechables y no aprovechables. Igualmente se consideran como residuos sólidos aquéllos provenientes del barrido y limpieza de áreas y vías públicas, corte de césped y poda de árboles.

Residuo sólido peligroso. Desecho que, por sus características infecciosas, tóxicas, explosivas, corrosivas, inflamables, volátiles, combustibles, radioactivas o reactivas, pueda causar riesgo a la salud humana o deteriorar la calidad ambiental



hasta niveles que causen riesgo a la salud humana. También son residuos peligrosos aquéllos que, sin serlo en su forma original, se transforman por procesos naturales en residuos peligrosos. Así mismo se consideran peligrosos los envases, empaques y embalajes que hayan estado en contacto con ellos.

Residuo sólido urbano (RSU). Desechos que se generan en casas habitación, parques, jardines, vía pública, oficinas, mercados, comercios, bienes inmuebles, demoliciones, construcciones, instituciones, establecimientos de servicio y en general todos aquéllos generados en el ámbito urbano que no requieren técnicas especiales para su control, excepto los peligrosos de hospitales, clínicas, veterinarias, consultorios médicos y odontológicos, laboratorio, centros de tatuajes y perforaciones corporales y centros de investigación.

Residuo biodegradable. Producto que tiene la cualidad de descomponerse en periodos cortos, por procesos biológicos y que cuenta con la capacidad de incorporarse a los materiales naturales del medio ambiente.

Residuo sólido aprovechable. Material, objeto, sustancia o elemento que no tiene valor de uso directo o indirecto para quien lo genere, pero que es susceptible de incorporación a un proceso productivo.

Residuo no aprovechable. Material o sustancia de origen orgánico e inorgánico, putrescible o no, proveniente de actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales, de servicios, que no ofrece ninguna posibilidad de aprovechamiento, reutilización o reincorporación en un proceso productivo. Son residuos que no tienen ningún valor comercial, requieren tratamiento y disposición final y, por lo tanto, generan costos de disposición.

Reutilización. Prolongación y adecuación de la vida útil de los residuos sólidos recuperados y que, mediante procesos, operaciones o técnicas, devuelven a los materiales su posibilidad de utilización en su función original o en alguna relacionada, sin que para ello requieran de procesos adicionales de transformación.

Separación en la fuente. Clasificación de los residuos sólidos en el sitio donde se generan para su posterior recuperación.

Tratamiento. Conjunto de operaciones, procesos o técnicas mediante los cuales se modifican las características de los residuos sólidos incrementando sus



posibilidades de reutilización o para minimizar los impactos ambientales y los riesgos para la salud humana.

Trasbordo o transferencia. Actividad de trasladar los residuos sólidos de un vehículo a otro por medios mecánicos, evitando el contacto manual y el esparcimiento de los residuos.

Valoración. Principio y conjunto de acciones asociadas cuyo objetivo es recuperar el valor remanente o el poder calorífico de los materiales que componen los residuos, mediante su reincorporación en procesos productivos, bajo criterios de responsabilidad compartida, manejo integral y eficiencia ambiental, tecnológica y económica.



Fuentes de consulta



Bibliografía básica:

1. EPA. (2012). Test Methods for Evaluating Solid Waste, Physical/Chemical Methods. EEUUA. <https://www.epa.gov/hw-sw846>
2. EPAM S.A. E.S.P. (2008). Construcción de criterios técnicos para el aprovechamiento y valorización de residuos sólidos orgánicos con alta tasa de biodegradación, plásticos, vidrio, papel y cartón. Manual 1: Generalidades. Bogotá, Colombia: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Viceministerio de Ambiente. <https://silo.tips/download/ministerio-de-ambiente-vivienda-y-desarrollo-territorial-viceministerio-de-ambie>
3. Gasca Álvarez, S. (2012). *Valorización de la Fracción Orgánica de los Residuos Sólidos Urbanos en México*. México: SEMARNAT.
4. Ibáñez, J. y Corroccoli, M. (2002). *Valorización de residuos sólidos urbanos*. Biblioteca Virtual de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental. <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd48/valoriza-residuos.pdf>
5. Medina Roos, J. Jiménez Yáñez, I. (2001). *Guía para la gestión integral de los residuos sólidos*. México: SEMARNAT. ISBN: 968-817-498-X. http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/consultaPublicacion.html?id_pub=344
6. Meneses Vega, E. (2012). *Centro de Valorización de Residuos Domiciliarios para su reciclaje*. Memoria de título. Chile: Universidad de Chile. <http://www.tesis.uchile.cl/handle/2250/112567>
7. Palacios González, S. (2011). *Propuesta Tecnológica para la Valorización de la Fracción Orgánica de los Residuos Sólidos Urbanos, Generados en el Distrito Federal*. Tesis de Ingeniería Química. Facultad de Química. México: UNAM.



8. Rodríguez Salinas, M. y Córdova, A. (2006). *Manual de Compostaje Municipal*. México: SEMARNAT.
9. SEDEMA (2013). Inventario de residuos sólidos en la Ciudad de México). México: SEDEMA, Gobierno de la Ciudad de México.
<http://www.sedema.df.gob.mx/sedema/images/archivos/temas-ambientales/programas-generales/residuos-solidos/inventario-residuos-solidos-2013/introduccion.pdf>
10. SEMARNAT (2013). *Generación estimada de residuos sólidos urbanos por tipo de residuo (miles de toneladas)*. México: SEMARNAT.
http://dqeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D3_RSM_01_03&IBIC_user=dqeia_mce&IBIC_pass=dqeia_mce
11. Seoanez Calvo, M. (2000). *Tratado de reciclado y recuperación de productos residuos*. México: Mundi Prensa México.
12. Sistema Integral de Normas y Evaluación de la Conformidad (2024). Consulta de catálogo de normas.
<https://www.sinec.gob.mx/SINEC/Vista/Normalizacion/BusquedaNormas.xhtml>
13. Tello, P. et. al. (2018). *Gestión integral de residuos sólidos urbanos*. Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (AIDIS). <https://aidisnet.org/wp-content/uploads/2019/08/GESTION-INTEGRAL-DE-RESIDUOS-SOLIDOS-URBANOS-LIBRO-AIDIS.pdf>
14. Tchobanoglous, G. Theisen, H. y Vigil, S. (1993). *Integrated Solid Waste Management. Engineering Principles and Management Issues*. EE.UU.AA: McGraw Hill.

Bibliografía complementaria

15. Aquihautl, M., Volke, T., Prado, L. y Matsumoto, K. (2012). *Manual de prácticas de laboratorio de microbiología general*. México. Universidad Autónoma Metropolitana.
http://www.izt.uam.mx/ceu/publicaciones/MMBG/files/manual_microbiologia_general.pdf
16. Asamblea Legislativa del Distrito Federal. (2003). *Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal*. México: DOF.
<http://mexico.justia.com/estados/df/leyes/ley-de-residuos-solidos-del-distrito-federal/>
17. Buenrostro, D. (2006). La producción de residuos sólidos municipales y sus implicaciones ambientales. *Revista Ciencia y Desarrollo en Internet*. Núm. 6. México.
18. Cámara de Diputados. (2004). *Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003, Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial*. México: DOF.



19. Cámara de Diputados. (2003). *Norma Oficial Mexicana NOM-087-SEMARNAT-2003, Protección ambiental- Salud Ambiental Residuos Peligrosos Biológico-Infeciosos, Clasificación y Especificaciones de Manejo*. México: DOF.
20. Cámara de Diputados. (2004). *Norma Oficial Mexicana NOM-098-SEMARNAT-2002, Protección ambiental-Incineración de residuos, especificaciones de operación y límites de emisión de contaminantes*. México: DOF.
21. Gaggero, E. y Ordoñez, M. (2010). *Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Buenos Aires la Provincia, Argentina: OPDS; Cultura y Educación.
http://www.opds.gba.gov.ar/uploaded/File/residuos_03_10.pdf
22. Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (2003).
<http://www.spabc.gob.mx/views/files/tmp/REGLAMENTO-DE-LA-LEY-GENERAL-PARA-LA-PREVENCIÓN-Y-GESTIÓN-INTEGRAL-DE-LOS-RESIDUOS.pdf>
23. Secretaría de Desarrollo Sustentable. Ministerio de Desarrollo Social y Medio Ambiente PNVR (Plan nacional de valorización de residuos). (2000). *Manual Operativo de Valorización de Residuos Sólidos Urbanos para Pequeños y Medianos Asentamientos de Argentina*. Argentina:
http://www.bvsde.paho.org/bvsars/fulltext/manual_valorizacion.pdf
24. Secretaría de Economía (2011). *El mercado de automóviles en México – El tamaño potencial del mercado de vehículos ligeros nuevos en México*. México.
http://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/Estudios/Mercado_Potencial_Automotriz-InformeFinal.pdf