



Versión	v2.0	E-mail de contacto	dieter.mutz@fhnw.ch
Fecha	10.07.2009		

## Introducción

El Módulo 2 contiene información básica acerca de la gestión de residuos sólidos. Se discuten los objetivos y la motivación, y se presentan la definición y características de los residuos, además de estrategias de gestión de residuos y tecnologías de tratamiento. Adicionalmente, se describen el marco legal y el desarrollo e implementación de sistemas de gestión de residuos sólidos.

## Objetivos de Aprendizaje

- Los participantes desarrollarán un buen entendimiento de la necesidad de un sistema de gestión de residuos integrado y ambientalmente racional.
- Los participantes entenderán los principales elementos técnicos, financieros, legales y sociales de un sistema de gestión de residuos exitoso.
- Los participantes obtendrán las habilidades básicas para desarrollar un plan integrado de gestión de residuos, para el uso optimizado de los materiales de residuo.

## Contenidos

### Lista de Contenidos

- Introducción - Relevancia de la gestión de residuos para el desarrollo
- Definición de residuo, características y cantidades
- Principios de un sistema integrado de gestión de residuos
- Aspectos técnicos, sociales y financieros
- Condiciones del marco legal
- Conclusiones
- Discusión, Preguntas



## 1 Eco-Sistema versus el concepto industrial

→ lámina 1

Para entender la influencia de las actividades humanas y el rol de la generación de residuos, uno puede comparar el sistema ecológico con un sistema industrial.

La interacción y dependencias de los organismos determinan el **sistema ecológico** que utiliza la luz del sol como la fuente principal de energía.

### Emisiones:

Los herbívoros y carnívoros generan "emisiones" (ej., metano, acumulación de partículas, metales pesados), pero dado que la definición de CO<sub>2</sub>-neutral considera un ciclo de 80 años, se les puede llamar CO<sub>2</sub>-neutral. Los herbívoros y carnívoros generan "residuos sólidos" (huesos, excreciones) y agua residual. Los encargados de la descomposición (ej., bacterias, hongos) son responsables por el "reciclaje" del material orgánico para crear nuevos nutrientes (elementos químicos, ej., fósforo, óxidos de nitrógeno) para el crecimiento de las plantas.

El sistema ecológico crea residuos y organismos para el reciclaje, y las reacciones posteriores lo mantienen estable. Las variaciones en temperatura, disponibilidad de nutrientes y el transporte de elementos residuales pueden afectar al sistema ecológico. El desarrollo de petróleo, gas y carbón es un ejemplo de "rellenos naturales".

El **sistema industrial** opera de forma análoga, pero depende principalmente de los combustibles fósiles como energía primaria. El sistema industrial también genera residuos y – *en un sistema ideal* – estos residuos son completamente reciclados. El problema del sistema industrial es el aumento sostenido, durante décadas, de la generación de residuos, y el hecho de que una cantidad significativa de éstos no se puede reintegrar al sistema, sino que tiene que ser dispuesto en rellenos o plantas de incineración.

La gestión de residuos es un servicio y área de investigación relativamente nuevos, pero se debería considerar parte integrada de toda economía moderna.

## 2 La gestión no controlada de residuos causa severos impactos

→ lámina 2

Una pobre gestión de residuos es un desafío en países emergentes y en vías de desarrollo. En la mayoría de estos países, los residuos son descargados a alcantarillados, enterrados o quemados en establecimientos propios de las empresas, vertidos ilegalmente en lugares inadecuados o llevados a rellenos que no cumplen los requerimientos para una disposición final ambientalmente racional. Esto puede causar contaminación del suelo, recursos de agua y la atmósfera, derivando en el deterioro sostenido de las condiciones de vida y salud de las poblaciones adyacentes. Las sustancias tóxicas y los componentes persistentes escapan al ambiente y se esparcen por el aire en grandes áreas, pudiendo entrar a la cadena alimenticia y afectando la salud humana y la salud animal.

Existe consenso general en que hay una urgente necesidad de mejorar la gestión de residuos, y diferentes soluciones se están discutiendo actualmente. Evitar los residuos,



producción más limpia, responsabilidad del productor, gestión de la cadena de suministros o el uso sostenible de los recursos naturales son sólo algunas de las estrategias que actualmente se promueven. A pesar del progreso tecnológico y una creciente conciencia social y política, el problema de la creciente acumulación de residuos persiste. La "sociedad de cero residuos" es una visión válida, pero estamos lejos de alcanzarla.

(Fuente: GTZ/Holcim Guidelines)

### 3 La deficiencia en la gestión de residuos existe en todos los niveles

→ Lámina 3

Los siguientes tópicos son comunes en una gestión de residuos deficiente:

1. Si falta la infraestructura técnica, la disposición ambientalmente racional de los residuos es imposible. Las únicas posibilidades restantes – además de la disposición no controlada – son evitar los residuos o exportar los residuos. La infraestructura técnica incluye la recolección y transporte, almacenamiento, tecnologías de tratamiento y rellenos sanitarios.
2. Si no existen leyes o regulaciones aplicadas, no existe presión legal para implementar un sistema de gestión de residuos sólido, o para establecer la base de planeación segura de una Gestión de Residuos Sólidos (*en inglés, Solid Waste Management / SWM*). Si no existen ordenanzas o prohibiciones, especialmente para los residuos peligrosos, el uso de vertederos no controlados o la quema no son vistos como acciones ilegales, y no poseen castigo.
3. Incluso cuando las leyes son aplicadas y la infraestructura técnica está disponible, en la mayoría de los casos la disposición no controlada es la forma más barata de deshacerse de los residuos. Los sistemas e infraestructura de Gestión de Residuos Sólidos son costosos y sus costos solamente se recuperan a través de cargos (principio de "el que contamina paga", impuestos). Sin un sistema de control, la disposición no controlada siempre será la forma más "conveniente".
4. Si el tema de la gestión de residuos peligrosos recibe poca atención a nivel de políticas, el desarrollo de leyes, regulaciones y controles tomará incluso más tiempo de lo habitual. La cantidad de residuos peligrosos es, a menudo, relativamente pequeña en comparación a los residuos masivos (residuos de demolición, residuos municipales). No obstante, el peligro potencial y riesgo potencial de daños severos es mucho más alto y, a menudo, irreparable o más caro que el tratamiento y disposición en condiciones organizadas.
5. El conocimiento de la interrelación entre la disposición no controlada de residuos y los peligros y riesgos para la salud humana es, a menudo, muy pobre. Además, no existe conciencia acerca de los altos costos de remediar sitios contaminados. Estos costos pueden exceder el costo de un sistema funcional de gestión de residuos sólidos.



## 4 Impacto de verter residuos de forma no controlada sobre el agua, suelo y aire

→ Lámina 4

Los residuos producidos pueden representar un peligro potencial para la salud humana o el medio ambiente (suelo, aire, agua) cuando se tratan, almacenan, transportan, disponen o gestionan de forma inadecuada. En vista de esto, la gestión de residuos – incluyendo su disposición de forma ambientalmente amigable y económicamente viable – es muy importante y, por lo tanto, se hacen sugerencias para desarrollar mejores estrategias.

La gente que vive y trabaja en la vecindad de instalaciones de procesamiento y disposición de residuos sólidos está directamente expuesta a riesgos ambientales para la salud y riesgos de accidente. Estos riesgos se relacionan con las emisiones de los residuos sólidos, las medidas de control de contaminación utilizadas para manejar estas emisiones, y la seguridad general de la instalación. Así como en el caso de los riesgos ocupacionales, estos riesgos se manejan de forma sustancial en países de altos ingresos, pero aún están ampliamente sin ser manejados en la mayoría de los países en vías de desarrollo. El control de contaminación cuesta dinero y la adherencia a normas de diseño seguro requiere de un compromiso para la construcción y supervisión de la operación.

## 5 El objetivo de una gestión de residuos moderna es más que una ciudad limpia

→ Lámina 5

Los objetivos de una gestión de residuos moderna son: protección a la salud, servicio social y protección ambiental.

### **Protección a la salud:**

La disposición no controlada de residuos puede causar severos problemas a la salud. La primera motivación para organizar la gestión de residuos se debió a condiciones higiénicas insostenibles y al conocimiento acerca de la conexión entre enfermedades y residuos. Para la gente que vive en países en vías de desarrollo, el bienestar físico es una preocupación mucho más urgente que el hecho de que la quema abierta de basura contribuye a la lluvia ácida o al calentamiento global. La preocupación por temas de salud derivados de una pobre gestión de residuos podría ser un factor motivante para prácticas ambientales más sostenibles.

### **Servicio social:**

Cualquier sociedad necesita de ciertas reglas y actividades relacionadas con la gestión de residuos, a fin de asegurarse calidad de vida. Estos aspectos también pertenecen a las necesidades básicas de los humanos (limpieza). La gestión de residuos constituye un servicio social, para aumentar la calidad de vida, especialmente en regiones urbanas, y para proteger a la gente contra los problemas descritos anteriormente (protección a la salud). Un servicio básico, que se organiza con relativa rapidez en las sociedades, es la recolección de residuos.



## Protección ambiental:

El aspecto de protección ambiental es relativamente joven en comparación a la protección a la salud y el servicio social, y surgió hace unos 20 a 30 años. Aunque la primera motivación para implementar legislación sobre residuos había sido la protección a la salud, la gente se dio cuenta de que la salud y el medio ambiente no se pueden ver como dominios separados. Un sistema moderno de gestión de residuos ofrece protección ambiental porque evita la contaminación (a veces a través de muchas generaciones) de tierra, aire y agua. El reciclaje ayuda a reducir la necesidad y recuperación de materiales vírgenes. La gestión de residuos es la clave para cerrar los circuitos de consumo de material abiertos en el sistema antropogénico (comparado con el sistema ecológico, → [lámina 2](#))

## 6 ¿Qué significa el concepto de residuo?

→ [lámina 6](#)

Definición de residuos (legislación de la Unión Europea):

La Directiva Marco de Residuos 75/442/EEC de la Comisión Europea (*EC Framework Waste Directive*), Artículo 1, define residuo como "cualquier sustancia u objeto, que (a) el poseedor deseche o pretenda o se requiera que deseche, o (b) que tenga que ser tratada a fin de proteger la salud pública o el medio ambiente". El material de residuo puede ser sólido, líquido o lodoso (pastoso). Cualquier material de residuo puede ser definido por su origen (industria, agricultura, minería, etc.), por lo que siempre se debería establecer una lista apropiada a nivel nacional, para ayudar a crear un entendimiento común y definir un marco legal. Donde no se haya definido una lista específica, el Catálogo de Residuos de la Comunidad Europea (*EC Waste Catalogue*) puede servir como referencia.

(Fuente: GTZ/Holcim Guidelines)

Antes de que la legislación de la UE fuera aplicada en todos los países miembros de la misma, se hablaba de "material secundario, material de reciclaje, material de recuperación, materia prima alternativa" para evitar el cumplimiento de la legislación sobre residuos.

Distinción entre "Residuos para recuperación" y "Residuos para disposición".

- Los residuos para recuperación son residuos que serán reciclados para uso material o aprovechamiento térmico
- Los residuos para disposición son residuos que serán dispuestos (relleno, incineración)

## 7 Existen varios tipos de residuos

→ [lámina 7](#)

Para establecer un sistema de gestión de residuos funcional, es necesario recolectar información acerca de la generación de los residuos (fuentes, cantidades). Los datos de la generación de residuos son la base más importante para la planeación de un



Sistema de Gestión de Residuos Sólidos. Se pueden distinguir los siguientes tipos de residuos, dependiendo de la fuente del residuo generado.

1. Residuos municipales (residuos domiciliarios, residuos comerciales, similares a los residuos domiciliarios)
2. Residuos de construcción y demolición
3. Residuos industriales (residuos industriales no peligrosos, residuos industriales peligrosos)
4. Residuos de recintos de atención de salud (clínicas, hospitales)
5. Lodos de alcantarillado (Tratamiento de Aguas Servidas / Residuales)
6. Residuos agrícolas

Estos tipos de residuos se pueden encontrar en las estadísticas de la mayoría de los países industrializados. En general, los residuos de construcción y demolición constituyen la mayor parte (hasta un 60% de todos los residuos generados), pero la disposición de los mismos es menos peligrosa en comparación a los residuos municipales o industriales. El volumen de residuos municipales generados varía en los países industrializados (Polonia, aproximadamente 300 Kg. per cápita por año, Alemania, alrededor de 500 Kg. per cápita por año, EE.UU., alrededor de 800 Kg. per cápita por año). La generación en países en vías de desarrollo es mucho menor (100 a 300 Kg. per cápita por año), pero aumenta en las regiones urbanas de rápido crecimiento (mega ciudades). El lodo de alcantarillado es relevante en los países con infraestructuras de tratamiento de aguas servidas funcionales. Los residuos industriales especialmente peligrosos poseen alto riesgo y peligro para la salud humana y el medio ambiente. La mejor estrategia para el sector industrial es evitar (eficiencia) y una estrategia interna de reciclaje. Esto permite sortear altos costos de tratamiento.

## **8 Composición de los residuos: la parte orgánica es dominante en los países menos industrializados**

→ lámina 8

Los residuos municipales se componen de varias fracciones. Las fracciones son grupos del mismo material de residuo. En la investigación y planeación moderna de tecnología para manejo de residuos, se realizan análisis de clasificación para definir el potencial de reciclaje de los residuos municipales, a fin de estimar el poder calorífico y diseñar plantas de tratamiento de residuos.

Las fracciones típicas son: residuos orgánicos, papel, vidrio, plásticos, metal (no ferroso, ferroso), residuos inertes (arena), y fracción peligrosa (baterías).

La fracción principal en los residuos municipales la constituyen los residuos orgánicos. En los países en vías de desarrollo, el porcentaje puede alcanzar hasta un 70% de los residuos totales. El diagrama muestra la composición de los residuos en varias regiones: Asia, Sudáfrica, África del Este, África del Norte y Brasil. La composición depende de varios parámetros, entre ellos, estructura (zona urbana o rural), economía (país rico o pobre), estructuras locales (sector informal, industria, agricultura), aspectos sociales (religión, etc.). En el diagrama, el indicador de economía/riqueza es obvio, porque el



porcentaje de papel y plásticos es mucho mayor en comparación a los países más pobres. La composición también varía entre municipios individuales.

## 9 La composición de los residuos difiere desde países de ingresos bajos hasta países de ingresos altos

→ Lámina 9

A continuación se resumen las diferencias principales entre los residuos de países industrializados y países en vías de desarrollo.

- Material orgánico, de 2 a 3 veces más alto -- 40% a 80%, en peso, en los países en vías de desarrollo
- Papel reciclable, plástico, metal y vidrio, de 2 a 5 veces más bajos -- 5% a 15% en países de bajos ingresos
- Finos inertes, de 2 a 5 veces más altos -- 20% a 40%.
- Contenido de humedad, de 2 a 4 veces más alto -- 40% a 70%.
- Densidad, de 2 a 3 veces más alta -- 350 a 400 Kg./m<sup>3</sup>, sin compactación, en camiones de recolección.
- Poderes caloríficos, de 2 a 3 veces más bajos -- 800 a 1.300 Kcal/Kg.

La composición de los residuos es una información crucial para la planeación de la gestión de residuos. Por ejemplo, altas densidades requieren de otras dimensiones en los sistemas de transporte y recolección. El contenido de humedad influye sobre la incineración o compostaje / digestión anaeróbica, etc. El contenido de fracciones valiosas también lleva a diversificar la creación de valor en las instalaciones de clasificación.

## 10 Los residuos requieren de una clasificación

→ Lámina 10

La legislación de la Unión Europea acerca de residuos define categorías de residuos, a fin de dar una descripción más detallada de posibles materiales de residuo (suplementaria a la definición original de residuo). La lista de residuos de la Comisión Europea clasifica a los residuos de acuerdo con su origen o fuente donde se generaron (esto es, residuos domiciliarios, residuos originados en la industria de la construcción, industria química o procesos metalúrgicos, etc.). Cada tipo de residuo tiene un código de 6 dígitos, el cual permite a las autoridades, empresas transportistas y operadores de plantas de tratamiento saber con qué categoría de residuo están operando, saber la industria que generó el residuo y trazar el recorrido del residuo desde su generación hasta su disposición final.

Características adicionales de los residuos las constituyen los parámetros físicos y biológicos:



## **Contenido de agua en porcentaje de masa:**

El contenido típico de agua en los residuos domiciliarios es del orden del 30 a 40 % de la masa. Esto indica una alta fracción de residuos orgánicos. Altos contenidos de agua hacen a los residuos inadecuados para la incineración.

## **Pérdida en la ignición (porcentaje de masa):**

Un indicador para el contenido de material orgánico (residuos biológicos, plásticos, papel), la pérdida en la ignición de los residuos domiciliarios, es de alrededor del 40 al 60% en porcentaje de masa. Luego del tratamiento mecánico-biológico, la pérdida en la ignición puede alcanzar al 30%, y luego de la incineración puede ser inferior al 3%.

## **Poder calorífico (kJ/Kg o MJ/ton):**

El poder calorífico para los residuos domiciliarios promedio, en comparación al combustible fósil, es:

- Residuos domiciliarios (promedio en Alemania/Europa):  
aprox. 8.400 kJ/Kg.,
- Carbón negro: aprox. 28.000 kJ/Kg,
- Petróleo: aproximadamente 40.000 kJ/kg.

## **Biodegradabilidad inherente:**

La biodegradabilidad inherente es un parámetro relevante para estimar la actividad biológica del material, por ejemplo, para rellenos. Los métodos de prueba contienen, por ejemplo, una investigación analítica de la actividad microbiológica por tasa de respiración (consumo de oxígeno por unidad de tiempo). Algunos ejemplos de diferente biodegradabilidad son:

- Inmediatamente biodegradable: azúcar, proteína, almidón
- Biodegradable a largo plazo: celulosa, grasa, proteína
- Resistente: lignina, creatina
- No biodegradable: carbón, coque, goma, cuero, plásticos

## **11 La jerarquía de residuos debe ser respetada por quienes toman las decisiones**

→ lámina 11

Un prerrequisito para el desarrollo de un sistema de gestión de residuos sólidos sostenible es que todos los encargados de las decisiones respeten la jerarquía de residuos. Si hay elementos en el sistema que no siguen esta jerarquía, el desarrollo e implementación no funcionarán de manera efectiva.

La jerarquía de gestión de residuos se define de la siguiente manera:



1. Evitar o prevenir los residuos es la solución ideal. Esto solamente se puede lograr a través de una estricta política de productos, que asegure que ciertos materiales no aparezcan como residuos en ningún caso.
2. Minimización o reducción de residuos, en particular por la aplicación de un concepto de producción más limpia o cambios en los hábitos de los consumidores, que dicen relación con los embalajes.
3. Recuperación de materiales de residuo por medio de reciclaje directo y la reutilización de materiales primarios (ej., metal a metal o papel a papel). Ésta también incluye otras tecnologías, como el compostaje o la digestión anaeróbica.
4. Co-procesamiento – recuperación de energía y materiales desde los residuos, como sustituto para la energía fósil y materias primas vírgenes.
5. La incineración es primariamente una tecnología de disposición para reducir los volúmenes de residuos, para reducir el impacto potencialmente negativo del material de residuo, y para recuperar la energía hasta cierto grado.
6. El pre-tratamiento físico-químico es un procedimiento para estabilizar los materiales de residuo antes de la disposición final.
7. El depósito controlado en rellenos es el método común para la disposición final de residuos no reciclables.
8. La quema y depósito en vertederos, sin control, a menudo acompañados por quema abierta, constituyen aún el método más común para disposición de residuos en los países en vías de desarrollo, donde estos representan una amenaza mayor para los recursos naturales y la salud humana. Esta forma de disposición de residuos se debería evitar.

(Fuente GTZ/Holcim Guidelines)

## 12 La gestión de residuos sólidos se desarrolla en fases

→ lámina 12

El desarrollo de Sistemas de Gestión de Residuos Sólidos progresa a través de 5 niveles:

El punto de partida es **no hacer nada**. Este principio solamente funciona para sociedades en movimiento con suficiente espacio, en las que las áreas abandonadas se pueden regenerar a sí mismas.

El primer nivel es la **recolección de residuos y depósito en vertederos no controlados**. Luego de un tiempo, los asentamientos humanos requieren de un cierto nivel de recolección de residuos para mantener su entorno inmediato limpio. Una forma típica de disposición de residuos es el depósito en vertederos no controlados en las afueras del área central de la ciudad, o la disposición de residuos en ríos. Este nivel de gestión de residuos existió en todo el mundo hasta mediados del siglo XX.

El segundo nivel incluye la **recolección de residuos y depósito en rellenos sanitarios**, y esto ha sido común en la mayoría de los países industrializados durante las últimas décadas. Esto indica que el depósito en vertederos no controlados fue considerado un



problema y se instalaron rellenos sanitarios con tecnologías que permitían dar un salto en la disminución de los impactos negativos sobre el medio ambiente.

El tercer nivel es la optimización del nivel 2 y la **aplicación de un sistema legal**, incluyendo la aplicación de la ley. Para implementar un sistema de gestión de residuos sólidos funcional, el marco legal es crucial para definir normas técnicas, responsabilidades, definición de residuo y sentar las bases para exigir cargos o impuestos. El sistema legal habitualmente posee varios niveles (comunal, regional y nacional). A menudo hay regulaciones existentes a nivel comunal (organización para la recolección y transporte, cargos) y el nivel nacional se desarrolla con posterioridad. Cada nivel tiene sus propios objetivos de autorización (ej., la estrategia nacional de gestión general de residuos se define en la ley nacional, la estrategia de las comunas depende de las condiciones locales y es, por lo tanto, formulada a nivel comunal).

El cuarto nivel, la **aplicación de conceptos de reciclaje intensivo**, ha sido desarrollado por dos razones: el material virgen se está volviendo cada vez más escaso (economía) y las áreas para rellenos son limitadas en áreas densamente pobladas. Consiguientemente, el beneficio ambiental del reciclaje se convirtió en un objetivo adicional. El reciclaje ha sido una práctica común por algún tiempo, ya que la gente deseaba conservar el valor generado de los productos y la energía, costos (mano de obra) y materiales contenidos. El **co-procesamiento** es un enfoque para este nivel, ya que los residuos pueden ser reutilizados como combustible alternativo o como materia prima alternativa.

La **aplicación de conceptos de "residuo a recurso"** constituye el quinto nivel de la gestión de residuos sólidos, y representa un circuito totalmente cerrado. La posibilidad de obtener el máximo de los materiales y energía que se han invertido, a partir de la recuperación de residuos, parece un enfoque ideal. Sin embargo, no se pueden evitar ciertas pérdidas y también es útil mirar a la eficiencia en la producción.

## 13 La gestión de residuos consta de diferentes componentes

→ Lámina 13

### Pronóstico de la generación de residuos

Un pronóstico de la generación de residuos es un elemento crucial para la planeación de la gestión de residuos. Es necesario estimar la generación de residuos para varios años, a fin de lograr una cierta confiabilidad en la planeación. Para la planeación financiera de la recolección y transporte, para las plantas de tratamiento y para los rellenos sanitarios, los datos del pronóstico constituyen los parámetros de diseño. Los datos definen el tiempo de operación para los rellenos y la utilización de capacidad de las plantas de tratamiento y reciclaje. Importantes indicadores son el desarrollo de la generación de residuos en el pasado, el desarrollo industrial y el pronóstico de la población. Para una planeación adicional, es necesario contar con varios escenarios.

### Conciencia del público

La conciencia del público y las actitudes hacia los residuos pueden afectar la totalidad del sistema de gestión de residuos sólidos. Todos los pasos en la gestión de residuos sólidos, desde el almacenamiento de residuos domiciliarios hasta la



segregación de residuos, reciclaje, frecuencia de recolección, la voluntad de pagar por servicios de gestión de residuos, la oposición de la localidad a construir una instalación de disposición de residuos, son todos elementos que dependen de la conciencia y participación del público. Como resultado, esto también es un tema crucial, el cual determina el éxito o fracaso de un sistema de gestión de residuos sólidos.

## Propuestas técnicas

Dependiendo de la estrategia de gestión de residuos, la composición de los residuos y las características regionales, junto con la selección y especificación de equipamiento técnico, se constituirán las tecnologías y logística de transporte. En general, las propuestas contienen varios escenarios y alternativas de planeación (diferentes estrategias, sistemas de recolección, combinación de tratamiento).

## Gestión financiera

La gestión financiera debería tener el objetivo de implementar un sistema autosostenido. Debido a su inherente naturaleza, la gestión de residuos sólidos no se presta para una operación que pueda fácilmente generar ganancias, especialmente en los países en vías de desarrollo, donde la voluntad y capacidad de pagar por servicios de gestión de residuos sólidos son bajas. Para las entidades crediticias externas, esto significa que el riesgo de otorgar un crédito a tal tipo de proyecto es generalmente alto. El alto riesgo de estos créditos puede disminuirse considerando los sistemas de aumento de ganancias (ej., cobros al usuario, ventas de materiales reciclados) incorporados a los proyectos desde el principio.

## Desarrollo organizacional

El desarrollo organizacional incluye la implementación de regulaciones y la definición de responsabilidades para las varias tareas de la gestión de residuos. Esto incluye procedimiento de permisos, control y actividades de planeación. La coordinación de una efectiva implementación de un proyecto de gestión de residuos sólidos también la requieren las varias entidades involucradas en la gestión de residuos sólidos.

## 14 Desde la planeación hasta la implementación

### → Lámina 14

El primer prerrequisito para la implementación de la gestión estratégica de residuos sólidos es la definición de los principios más importantes, la **Política de Gestión de Residuos Sólidos** (*en inglés, Solid Waste Management Policy / SWM Policy*). La política es la dirección y base para el desarrollo y planeación futuros. Ella refleja también prioridades y objetivos.

Basándose en la política de SWM, se debería definir la **estrategia general**. La estrategia puede seguir varios principios, esto es, jerarquía de residuos, principio de "el que contamina paga", o responsabilidad extendida del productor de los residuos. La estrategia establece también prioridades, las cuales son la base para el Plan Maestro de Gestión de Residuos Sólidos (*en inglés, SWM Master Plan*).

El **Plan Maestro de SWM** establece una ruta para lograr el desarrollo – para el país – de los objetivos de minimización y disposición de residuos. El Plan Maestro identifica



iniciativas y programas tanto a corto como a largo plazo (esto es, 25 años), a fin de lograr estos objetivos, los cuales son adecuados para los programas existentes, la infraestructura de gestión de residuos existente, las tasas de generación de residuos, los recursos de la comunidad y la retroalimentación de la comunidad. Los aportes del público, junto con compartir información y crear conciencia son componentes significativos del desarrollo del Plan Maestro.

**La implementación del sistema de gestión de residuos sólidos** incluye el desarrollo del marco legal, la aplicación de los cuerpos organizacionales y administrativos, y la construcción de capacidad según se formula en el plan maestro (administrativa, técnica).

Para garantizar un sistema de gestión de residuos sólidos funcional, es necesario **monitorear, evaluar y mejorar el sistema de manera continua**, cada cierta cantidad de años. Esto incluye el monitoreo del cumplimiento de los objetivos establecidos, el establecimiento de nuevos hitos, la corrección y adaptación de nuevas condiciones y desarrollos (industriales, tecnologías, etc.). Esto se puede lograr, por ejemplo, en un período definido de 5 años, combinado con el monitoreo anual.

## **15 La elección de infraestructura técnica no funciona como una plantilla que se pueda calcar de igual forma en todas partes → lámina 15**

Típicamente, los residuos domésticos de países industrializados poseen un alto contenido en materiales de embalaje, consistente en papel, plástico, vidrio y metal, razón por la cual los residuos poseen baja densidad. Los residuos en los países en vías de desarrollo contienen grandes cantidades de materiales inertes, como arena, ceniza, polvo y piedras, así como altos niveles de humedad por el alto uso de fruta y vegetales frescos. Estos factores le otorgan alta densidad a los residuos (alto peso por unidad de volumen). La consecuencia de esta alta densidad es que los vehículos y sistemas que operan bien con residuos de baja densidad, en países industrializados, no son adecuados o confiables para operar con residuos de alta densidad. La combinación de peso extra, la naturaleza abrasiva de la arena y la corrosividad causada por el contenido de agua pueden causar rápido deterioro del equipamiento. Si los residuos contienen una alta cantidad de humedad, o si se componen principalmente de material inerte, no son adecuados para la incineración, por ende esta opción de tratamiento está descartada. Las operaciones de reciclaje o recuperación a menudo reducen la proporción de papel y plástico combustibles en los residuos antes de que éstos alcancen la etapa de tratamiento.

Por lo tanto, se deben considerar cuidadosamente los siguientes aspectos:

- La compactación no siempre se justifica, especialmente si los residuos contienen una alta fracción orgánica.
- El compostaje es técnicamente viable, pero los granjeros pueden no ser capaces de costear el precio de la producción de compost.



- La generación de gas en rellenos sanitarios es técnicamente viable, pero el gas escapa rápidamente en climas tropicales cálidos. Por lo tanto, se debe tener especial cuidado en el diseño del relleno.
- La incineración es rara vez autosostenible, ya que se requiere combustible suplementario para residuos de bajo valor calorífico, mientras que los costos de inversión y operación son altos.

## 16 El reciclaje y la minimización de residuos son, a menudo, elementos descuidados

→ Lámina 16

El reciclaje y la minimización de residuos son elementos centrales para la estrategia moderna de gestión de residuos sólidos. Hay un número de métodos diferentes por los cuales los residuos son reciclados: las materias primas se pueden extraer y reprocesar, o el contenido calorífico de los residuos se convierte en calor o electricidad.

El reciclaje también crea oportunidades de trabajo. El objetivo es desarrollar nuevos productos o ganar materias primas secundarias a través de los procesos de reciclaje, sin ningún apoyo financiero externo. Las instalaciones de reciclaje necesitan más personal que los sitios de relleno o plantas de incineración. La clasificación a mano se considera un método de alta exigencia laboral y ayuda a segregar los componentes no deseados desde las fracciones valiosas.

Si se realiza profesionalmente, el reciclaje es económicamente y ecológicamente rentable. Es importante observar el mercado y desarrollar productos de alta calidad.

Mundialmente, la mayor parte del reciclaje es realizada por el sector privado. La clasificación es, a menudo, dominio del sector informal. Para muchos sistemas de gestión de residuos sólidos, el sector informal y la empresa privada juegan un rol central en el sistema de gestión de residuos. Es importante desarrollar guías y establecer normas de calidad y seguridad, a fin de garantizar condiciones de trabajo seguras y saludables.

### **Comentario sobre el Reciclaje**

El reciclaje también puede representar riesgos para la salud y el medio ambiente. Las instalaciones de clasificación contienen altas concentraciones de polvo, bioaerosoles y metales. Si el reciclaje no se realiza adecuadamente, los trabajadores comúnmente experimentan picazón de ojos, inflamación de garganta y enfermedades respiratorias. Desde el punto de vista ambiental, el reciclaje puede requerir una gran cantidad de recursos energéticos, razón por la cual las estrategias de reciclaje tienen que ser evaluadas económica y ambientalmente, y las guías, por ejemplo para aspectos organizacionales y sanitarios, son cruciales.

## 17 Compostaje: más que apilar un montón de material orgánico

→ Lámina 17

El compostaje es un proceso controlado de descomposición biológica de material orgánico, en la presencia de aire, para formar un material con características de humus. La alimentación de este proceso se compone de residuos orgánicos recolectados por separado desde granjas, ámbitos domiciliarios y la industria



alimenticia. Las tecnologías más comunes aplicadas en las plantas de compostaje centralizado incluyen pilas estáticas (hilera), pila estática aireada (hilera aireada), cama agitada, tambor rotativo y caja de compostaje. Los sistemas pueden ser encapsulados o abiertos. La duración del proceso es de alrededor de 10 semanas.

### Descripción del proceso:

Antes del compostaje, los residuos orgánicos recolectados por separado pasan por un pre-tratamiento mecánico, en el cual se eliminan los contaminantes. Con el compostaje en caja, se produce compost fresco. La automatización total del compostaje intensivo acorta el tiempo de producción de compost fresco hasta 10 a 14 días. Con posterioridad, el compost fresco es tratado en la etapa de maduración, la cual toma aproximadamente 8 semanas. Luego del período de compostaje, el producto se puede utilizar como compost de alta calidad. El compostaje puede causar emisiones al aire y al agua. En una planta de compostaje cerrada, las emisiones al aire se pueden recolectar y purificar antes de su descarga a la atmósfera (biofiltro).

### Comentario sobre el Compostaje

Se deben considerar los siguientes elementos:

1. Los residuos que llegan deben estar libres de materiales no deseados.
2. La calidad se tiene que mantener a un alto nivel.
3. Es esencial contar con un buen concepto de marketing y con buenas relaciones públicas.
4. El objetivo debería ser que las ganancias por ventas cubran los costos operacionales.

En general: el compostaje requiere de una cierta cantidad de agua y esto debe ser considerado en regiones secas. Los climas tibios, o incluso cálidos, aceleran los procesos microbiológicos, pero también la descarga de emisiones al aire (olores).

## 18 Co-procesamiento: un nuevo componente de un sistema integrado de gestión de residuos

→ lámina 18

El co-procesamiento de residuos se ha convertido en una parte de los Sistemas de Gestión de Residuos Sólidos modernos. Especialmente para el uso como combustible alternativo o material alternativo, el co-procesamiento en industrias de alto consumo de energía y materias primas es una atractiva opción financiera y ambiental. Tradicionalmente, la industria del cemento – que tiene una alta demanda de energía y materias primas – co-procesa las fracciones adecuadas de materiales de residuo.

Definición de Co-procesamiento: se refiere al uso de residuos en los procesos industriales, como cemento, cal o producción de acero y centrales eléctricas, o cualquier otra planta de combustión a gran escala. Aunque Estados Unidos llama a este proceso "Co-incineración", de acuerdo con las guías GTZ/Holcim (*GTZ/Holcim Guidelines*), "Co-procesamiento" significa la sustitución del combustible primario y las



materias primas por residuos. Es una recuperación de energía y material a partir de los residuos.

Los detalles del co-procesamiento se describen mejor en los Módulos 3-5.

Las ventajas ambientales y financieras del co-procesamiento según las Guías GTZ/Holcim son:

1. Sustitución de combustibles fósiles
2. Sustitución de materias primas
3. Tecnología de tratamiento térmico para residuos sin otra tecnología segura de disposición
4. Reducción de residuos depositados ilegalmente en vertederos y su impacto ambiental

## 19 Conversión de residuos a energía: la generación de biogas a partir de residuos orgánicos

→ Lámina 19

La digestión anaeróbica es un proceso en el cual las bacterias descomponen sustancias biodegradables. El proceso de degradación se realiza bajo condiciones anaeróbicas (sin oxígeno) y lleva a la producción de biogas.

El biogas producido es una mezcla compuesta principalmente de metano y dióxido de carbono. La digestión, como método de tratamiento de residuos, es aplicada con una variedad de sustratos, como estiércol, residuos de mataderos, restos de plantas o residuos biológicos de ámbitos domiciliarios. Además se aplica ampliamente la combinación de sustratos, la llamada co-digestión o co-fermentación (similar al co-procesamiento). Los procesos de digestión se pueden dividir en húmedos o secos (dependiendo del contenido de los residuos), termófilos o mesófilos (dependiendo de la temperatura y bacterias activas) y procesos de 1 etapa o 2 etapas (el proceso ocurre en un reactor o separado en dos reactores). Las varias posibilidades de diseño tienen diferentes pros y contras, por lo tanto es crucial estudiar cuidadosamente los prerequisites y las condiciones locales.

Aunque los materiales de buena estructura, característica que los residuos de jardinería tienen en su mayor parte, son principalmente más adecuados para el compostaje, también pueden ser digeridos, especialmente en procesos de digestión en seco. Si los materiales de alimentación del proceso tienden a ser de buena estructura (tipo madera, celulosas), el compostaje es la opción de tratamiento a preferir.

### Descripción del proceso:

Los residuos biológicos recolectados por separado pasan por un pre-tratamiento mecánico, en el cual se excluyen los contaminantes. En la fase de digestión propiamente tal, se producen el biogas, aguas residuales y residuos de la digestión. El biogas es combustionado en un motor, a fin de producir electricidad y calor. Posteriormente, el residuo es tratado en el proceso de maduración aeróbica,



produciendo compost. Las aguas residuales son tratadas en una planta de tratamiento de aguas servidas. El compost producido, así como los lodos de la planta de tratamiento de aguas servidas/residuales, se utilizan en terrenos agrícolas. Los nutrientes contenidos en el compost pueden sustituir a los fertilizantes minerales.

## **Comentario sobre la Digestión Anaeróbica:**

Esta tecnología se puede aplicar con bastante facilidad para ciertas fracciones de residuos biológicos (agricultura). El tratamiento de residuos municipales, incluso residuos biológicos recolectados por separado en Alemania, probó ser propenso a la accidentabilidad (esto es, material inerte como la arena puede causar problemas en los agregados). Se deben considerar los siguientes elementos:

1. Recolección por separado de residuos orgánicos.
2. Potencial en el sector agroindustrial.
3. Resultado o salida del proceso: energía y fertilizantes orgánicos.
4. Las condiciones económicas y financieras se deben estudiar cuidadosamente.

## **20 Pre-tratamiento mecánico-biológico aeróbico y anaeróbico (Mechanical-Biological Pretreatment / MBP)**

→ Lámina 20

El pre-tratamiento mecánico-biológico (MBP) es un método alternativo a la incineración o pre-tratamiento de residuos mezclados o materiales residuales antes del depósito en rellenos. El concepto del tratamiento biológico en una planta de MBP aeróbico es similar al compostaje. El objetivo del MBP es minimizar el impacto ambiental del depósito en rellenos y ganar valor a partir de los residuos, a través de la recuperación de materiales y energía. Las principales tecnologías de MBP se basan, ya sea, en el método de "separación" o en el método de "estabilización".

En el método de "separación", se produce la primera división mecánica de los residuos y se trata biológicamente una fracción derivada del material. El propósito de la separación es asegurar la recuperación de materiales y energía, junto con la minimización de la disposición final. En el método de "estabilización", la totalidad de los residuos es sometida a tratamiento biológico, con la subsiguiente separación de las fracciones de masa para el reciclaje (metales) y combustible derivado de residuos (*Refuse-Derived Fuel / RDF*). En una planta de MBP anaeróbico, también se tratan los materiales residuales o residuos mixtos. El Pre-tratamiento Mecánico-Biológico anaeróbico, como método de tratamiento, aún no se aplica de forma masiva, pero recientemente se han creado más instalaciones para tal propósito. Al compararlo con el MBP aeróbico, el MBP anaeróbico posee un número de ventajas:

- Producción neta de energía.
- Menor tiempo de tratamiento biológico.
- Menos emisión de olores (menor necesidad de purificación biológica del aire), debido a la incineración del biogas.



Por otra parte, la tecnología anaeróbica es más complicada y requiere mayor inversión de capital.

## Descripción del proceso:

La tecnología de separación consiste en un pre-tratamiento mecánico, con la separación de la fracción liviana de alto valor calorífico (plásticos, papel, telas) y el tratamiento biológico de los residuos restantes antes del depósito en rellenos. Asumiendo que existen condiciones óptimas para el proceso (pudrición y estabilización aeróbica intensas), se logra una estabilización de gran alcance para la fracción de bajo valor calorífico dentro de 14 a 16 semanas. El producto final de estos procesos – *la fracción estabilizada de bajo valor calorífico* – se puede depositar en rellenos o (si aplica) se puede utilizar para volver a cultivar la tierra degradada. La fracción de alto valor calorífico, obtenida después del refinamiento, se puede usar, ya sea, como Combustible Derivado de Residuos (*Refuse Derived Fuel*) (o combustible alternativo) en un horno cementero, o para la recuperación de energía en una planta de incineración.

En paralelo al pre-tratamiento mecánico-biológico aeróbico, los residuos pasan por una fase de tratamiento mecánico en la cual se separan los contaminantes y la fracción liviana de alto valor calorífico. La fracción resultante de bajo valor calorífico es tratada biológicamente. El paso de tratamiento biológico consiste en un proceso de fermentación, en el cual la materia orgánica es descompuesta bajo condiciones anaeróbicas, produciendo biogas (metano y dióxido de carbono). Luego de aproximadamente tres semanas en el fermentador termófilo en seco de una etapa, los residuos fermentados se estabilizan aeróbicamente. La fracción de alto valor calorífico se utiliza en paralelo al producto del pre-tratamiento mecánico-biológico aeróbico.

## Comentario sobre el Pre-tratamiento Mecánico-Biológico

Esta opción de tratamiento puede ser desarrollada en varios conceptos complejos. En general, la opción de tratamiento anaeróbico es más costosa y las condiciones de proceso son muy sensibles en comparación a la tecnología aeróbica. Un prerrequisito para esta tecnología (aeróbica o anaeróbica) es un cierto volumen de material valioso en los residuos (metales o material de alto valor calorífico), por la generación de ingresos adicionales mediante la venta del material. Si el material valioso es recolectado primero por el sector informal, una barrera puede ser que solamente queden los materiales inertes y orgánicos. Para esta fracción, el tratamiento biológico ofrece la posibilidad de depositar en rellenos los residuos estabilizados (la descarga de contaminantes es obligatoria). Un pronóstico de la composición de los residuos es muy importante.

## 21 Rellenos como concepto de disposición en los sistemas de gestión de residuos

→ lámina 21

El depósito en rellenos es, para la mayoría de los países en vías de desarrollo, un elemento inevitable de su sistema de gestión de residuos. Si se aplica adecuadamente, es un método de disposición de residuos que puede lidiar con todos los materiales en el flujo de residuos sólidos. Sin embargo, debemos tener conciencia



de que el depósito en rellenos no es la solución óptima, ya que el “relleno” reactor genera lixiviados y biogas que constituyen efluentes y emisiones con alto riesgo ambiental si no se manejan adecuadamente. Otras opciones, como el pre-tratamiento mecánico-biológico o la incineración producen materiales residuales por sí mismos, los cuales tienen que ser depositados en rellenos. En los países Europeos el depósito en rellenos de residuos domiciliarios que contengan más de un 5% de material orgánico se abandonará y tendrá que tratarse de diferente manera (incineración, co-procesamiento, compostaje, pre-tratamiento mecánico-biológico). El desafío de cualquier sistema moderno de gestión de residuos es reducir el volumen de residuos a depositar en rellenos hasta un mínimo (debido a la escasez de tierras e impactos ambientales y supervisión a largo plazo).

Se pueden distinguir tres tipos diferentes de rellenos, dependiendo del material de residuo:

- Rellenos para material inerte (suelo, residuos de demolición).
- Rellenos para residuos municipales (el material orgánico causa la generación del gas de rellenos).
- Rellenos para residuos peligrosos no reactivos (por ejemplo asbestos).

Dependiendo del peligro potencial, la tecnología apropiada difiere.

Los rellenos municipales modernos están equipados con sistemas de recolección y tratamiento de gas y lixiviados.

Resulta especialmente crucial, para los rellenos de materiales peligrosos, contar con una ubicación con un revestimiento o forro geológico (bajo riesgo para la contaminación, si es que las barreras no operan adecuadamente) y con los requerimientos de construcción (forro de relleno para el sellado de la base y superficie).

## **22 Incineración - solamente alta tecnología lleva a buenos resultados**

→ lámina 22

Hay tres objetivos principales para los cuales se incinerarán los residuos:

1. Tratamiento higiénico y reducción de emisiones derivadas de la disposición final de los residuos.
2. Reducción del volumen de residuos para la disposición final (especialmente en áreas urbanas, donde la tierra para rellenos es escasa).
3. Recuperación de energía a partir de los residuos (criterio solamente económico, si existen industrias para utilizar vapor caliente y electricidad).

Dentro del proceso de incineración, se oxidan las sustancias contenidas en los residuos. De esta forma, los residuos que se pueden quemar se transforman en sustancias gaseosas, mientras que las fracciones inertes se mantienen como material residual sólido, en la forma de escoria y cenizas de la incineración. La parte correspondiente a residuos municipales, la cual es incinerada, varía en los antiguos Estados Miembros de



la Unión Europea, desde un valor nulo en Grecia, hasta un 95% en Luxemburgo y casi un 100% en Suiza.

## Descripción del proceso:

La tecnología de incineración está equipada principalmente con quema por rejilla. Consiste en una cámara de combustión secundaria, caldera, precipitador eléctrico, absorbedores (scrubbers) de gas, amortiguador de coque y convertidor catalítico de DeNOx, recirculación de gas de tiro y un motor para producir electricidad y calor. La escoria remanente se puede utilizar como material de construcción. La temperatura de incineración es de 800 – 1.200 °C.

## Comentario sobre la Incineración

La incineración es una costosa alternativa de tratamiento (los costos en Alemania van desde 100 € a 450 € por tonelada de residuos tratados) y requiere de personal altamente capaz. En general, esta tecnología es demasiado cara para aplicarse en países en vías de desarrollo. Un proceso alternativo a la incineración es, por ejemplo, el co-procesamiento en la industria del cemento. El poder calorífico de los residuos tratados tiene que alcanzar alrededor de 7.500 kJ/Kg, a fin de garantizar la incineración sin uso de energía adicional. En muchos casos, la recolección de residuos biológicos por separado es crucial. Las opiniones críticas acerca de la incineración se refieren al temor por las emisiones al ambiente, especialmente de dioxinas, debido a altas tasas de emisión ocurridas 20 a 30 años atrás en países industrializados. Las plantas modernas cumplen con valores umbral de regulación de 0,1 ng/Nm<sup>3</sup>. Todos los procesos de incineración en los que existe cloro y carbono (incendios forestales, quema abierta de residuos, fuegos abiertos en cocinas), liberan dioxinas. La Cruz Verde internacional informa acerca del peligro de las emisiones tóxicas en edificios, especialmente con los fuegos abiertos, como por ejemplo, chimeneas (Top Ten World Pollution Problems 2008).

## 23 Considerando al sector informal como aliado de los sectores público y privado

### → Lámina 23

El reciclaje de materiales inorgánicos de residuos sólidos municipales es, a menudo, bien desarrollado por las actividades en el sector informal, aunque tales actividades rara vez son reconocidas, apoyadas o promovidas por las autoridades municipales. Una característica distintiva de los sistemas de gestión de residuos, en los países en vías de desarrollo, es la existencia de un sistema informal de gestión de residuos que opera en paralelo a las estructuras formales. La mayoría de los grupos de interés informales son gente en desventaja social que ha descubierto a los residuos como fuente de ingresos. El carácter informal de esta actividad establece límites para el desarrollo del servicio que éstos entregan para la gestión de residuos.

Los miembros del sector informal, también llamados recolectores de residuos, son un grupo que es muy activo en la gestión de residuos, pero que rara vez es reconocido como un aporte al sistema. Sus actividades incluyen:

- Realizar barridos informales en calles.



- Servicios de recolección de residuos domiciliarios.
- Recuperación de materiales reciclables desde diferentes puntos en la ruta de los residuos, desde el ámbito domiciliario hasta el sitio de disposición final.

Es deseable reconocer el trabajo de este grupo al planear e implementar mejoras a la gestión de residuos. La experiencia de este grupo puede ayudar a resolver problemas con los residuos y, mediante la incorporación del grupo en el sistema de gestión de residuos, es posible ayudarlo a aumentar sus posibilidades de generar ingresos y a mejorar sus condiciones de trabajo. El valioso conocimiento del sector informal puede incluir: comportamiento de los residuos al momento de disponerlos, cantidad de fracciones reciclables en varias regiones o empresas/talleres, composición típica de los residuos, cantidad de producción de residuos y componentes peligrosos típicos en los residuos municipales.

## **24 Aspectos financieros: el servicio de Gestión de Residuos Sólidos tiene sus costos**

→ Lámina 1

Los servicios de gestión de residuos sólidos incluyen:

- Recolección y transporte
- Reciclaje y recuperación
- Depósito en rellenos e incineración
- Recolección por separado, segregación y compostaje
- Consultoría y comunicación
- Mantenimiento de vertederos/rellenos cerrados

Estos servicios tienen que ser financiados. El costo total de la recolección, transferencia y disposición de residuos sólidos es típicamente de 30-80 USD/ton, incluyendo costos de operación, inversiones y capital. La generación de residuos per cápita por año, en un valor de alrededor de 0,2-0,3 toneladas/año, puede ser una base para una estimación financiera. Para la recolección, se necesita alrededor del 60-70% del costo total por la gestión de residuos sólidos. Servicios completos de gestión de residuos sólidos requieren de 1-2% del PIB. La parte financiera es la principal barrera para desarrollar un sistema de gestión de residuos sólidos funcional. Debido a estos costos, es necesario contar con legislación para regular cargos o impuestos. Un sistema de gestión de residuos se debería diseñar de modo tal que los costos por familia no excedan el 1% de sus ingresos.

La aplicación de instrumentos económicos puede ayudar a estimular la opción de evitar los residuos y las actividades de reciclaje de residuos.



## 25 La gestión de residuos requiere de regulaciones legales y su aplicación

→ Lámina 25

Los temas institucionales incluyen la legislación existente y la desarrollada a propósito, y los alcances hasta los cuales ésta es aplicada. Las normas y restricciones pueden limitar las opciones tecnológicas que pudieran considerarse. También se debería tomar en cuenta la política de gobierno que dice relación con el rol del sector privado (formal o informal). La fuerza y preocupaciones de las asociaciones de comercio también pueden tener una importante influencia sobre lo que se puede hacer. (Fuente: Solid Waste Management in Developing Countries, Chris Zurbrugg, SANDEC / EAWAG).

La gestión de residuos tiene que ser abordada en el contexto legal (legislación, regulaciones), para asegurar un sistema funcional y para proteger a los humanos y al medio ambiente contra la contaminación por residuos.

Los acuerdos internacionales tienen que ser respetados. A nivel internacional, los acuerdos ambientales promueven y regulan el manejo de los residuos. La Convención de Basilea sobre el Control de Movimientos Transfronterizos de Residuos Peligrosos y su Disposición es el acuerdo global de mayor alcance acerca de los residuos peligrosos y otros residuos. El acuerdo fue adoptado en 1989 en Basilea y entró en vigencia el 5 de Mayo de 1992. 151 estados son las partes suscritas, pero los Estados Unidos de Norteamérica no han ratificado la convención hasta ahora. Los tres propósitos principales de la convención de Basilea son:

- Restricción de residuos peligrosos al mínimo (prevención, minimización).
- Disposición ambientalmente racional de los residuos peligrosos en el lugar donde éstos se generan.
- Control de las exportaciones de residuos peligrosos, permisos solamente para la disposición ambientalmente racional.

El acuerdo debería proteger a los países en vías de desarrollo contra la importación no controlada de residuos peligrosos.

La aplicación de la ley es esencial. Aunque el desarrollo de una ley habitualmente toma largo tiempo, una legislación funcional es prerequisite para un sistema moderno de gestión de residuos sólidos. Las regulaciones tienen que ser implementadas a fin de asegurar la efectiva función de los mecanismos de control y monitoreo.

El marco legal tiene que reflejar las condiciones nacionales y locales. Se deberían considerar los temas específicos, ya que las estrategias de gestión de residuos tienen que ser desarrolladas para cada país y región y, debido a las diferentes condiciones, es necesaria la planeación individual de los sistemas de gestión de residuos (ej., tecnologías de tratamiento, estrategias de reciclaje).



## 26 Conclusiones

→ lámina 26

- Preparar y actualizar un plan maestro de Gestión de Residuos Sólidos (SWM) que considere los residuos peligrosos y los no peligrosos.
- Considerar la jerarquía de residuos para la toma de decisiones:
  - (1) evitar los residuos
  - (2) recuperación
  - (3) disposición
- Siempre tomar las decisiones basándose en los análisis y evaluaciones pertinentes sobre temas financieros, sociales y ambientales.
- Garantizar una organización institucional adecuada y asegurar una buena construcción de capacidad para la organización encargada de la Gestión de Residuos Sólidos.
- Cooperar con otras instituciones públicas y el sector privado.



## Preguntas Frecuentes

### P: ¿Cuándo llamamos residuo a un residuo?

R: La Directiva Marco de Residuos 75/442/EEC de la Comisión Europea (*EC Framework Waste Directive*), Artículo 1, define residuo como "cualquier sustancia u objeto, la cual (a) el poseedor deseche o pretenda o se requiera que deseche, o (b) que tenga que ser tratado a fin de proteger la salud pública o el medio ambiente". El material de residuo puede ser sólido, líquido o lodoso. Cualquier material de residuo puede ser definido por su origen (industria, agricultura, minería, etc.), por lo que siempre se debería establecer una lista apropiada a nivel nacional, para ayudar a crear un entendimiento común y definir un marco legal. Donde no se haya definido una lista específica, el Catálogo de Residuos de la CE (*EC Waste Catalogue*) puede servir como referencia.

### P: ¿Qué son la jerarquía y principios de gestión de residuos?

R: La jerarquía de gestión de residuos establece el orden preferido para adoptar ciertas prácticas de gestión de residuos, y constituye un marco para priorizar aquellas prácticas que permiten lograr los mejores resultados ambientales. Desde la más preferible hasta la menos preferible, las prácticas son:

- Evitar los residuos;
- Minimizar su generación;
- Reutilizar los residuos;
- Reciclar los residuos;
- Recuperación de energía desde los residuos; y
- Disposición de los residuos.

Los otros principios para manejar los residuos son:

- Principio de "el que contamina paga".
- Principio de "el usuario paga".
- Principio de "responsabilidad del productor".

Estos aspectos deberían estar integrados en la política nacional de residuos que constituye la base para el desarrollo de la gestión de residuos.

### P: ¿Qué significa gestión de residuos?

R: La gestión de residuos es un área de negocio principal (core business en Inglés) para las comunidades. Cubre todas las actividades y servicios que se relacionan con la recolección, disposición y reducción de los residuos. Al enfrentar la gestión de residuos, las comunidades deberían utilizar las tecnologías y métodos de mayor efectividad disponibles, a la vez que se esfuerzan por proteger la salud ambiental y pública, siguiendo la política nacional de residuos.



## Preguntas Frecuentes

### P: ¿Cuáles son los componentes principales de la gestión de residuos?

R: Los componentes relevantes de la gestión de residuos son: pronóstico de la generación de residuos (para planeación y diseño de logística y tratamiento), conciencia del público (para asegurar la aceptación del sistema de recolección, mejorar el comportamiento de los residuos al momento de disponerlos, enfrentar y minimizar el rechazo del público a las plantas de tratamiento), propuestas técnicas (tecnologías de reciclaje y plantas de tratamiento de residuos), desarrollo organizacional (aplicación de la ley, regulación de la trazabilidad de los residuos, generación de datos, guías para la seguridad y salud, evaluación de impacto ambiental para actividades relacionadas con residuos), y gestión financiera (costos operacionales, posibles ganancias de las instalaciones de reciclaje, cargos).

### P: ¿Qué se requiere para preparar un plan de gestión de residuos?

R: La información requerida para un plan de gestión de residuos incluye: consideraciones de la cantidad y tipos de residuo (pronóstico de la generación de residuos), cualquier característica peligrosa de los residuos, el probable impacto sobre el ambiente, y planes propuestos para manejar el tema de los residuos.

### P: ¿Quién tiene que estar involucrado en el proceso de desarrollo de un sistema de gestión de residuos?

R: Las partes involucradas incluyen al poder legislativo, para desarrollar las leyes, el poder ejecutivo (administración, todos los ministerios pertinentes, o sea, aguas, medio ambiente, sanitario, salud, etc.) para emitir permisos y sanciones, ONGs para los aspectos ambientales y sociales, comunidades para asegurar la consideración de situaciones individuales y estructuras de gestión de residuos existentes (recolección, sector informal, empresas de gestión de residuos), expertos técnicos y consultores (ingenieros), y expertos financieros.

### P: ¿Qué tecnología de tratamiento de residuos es adecuada?

R: Antes que nada: las instalaciones de tratamiento de residuos simplemente copiadas de otras experiencias, a veces ofrecidas por constructores de plantas, a menudo no son adecuadas para los países en vías de desarrollo (caras y de alto desarrollo técnico). Las tecnologías de residuos siempre deberían ser parte de un plan integrado de gestión de residuos. En primer lugar, se tienen que definir la política de residuos y la jerarquía de residuos. Esto constituye el marco para las estrategias de gestión de residuos y los objetivos de tratamiento. Dependiendo de las estrategias y medidas seleccionadas, se tienen que seleccionar las opciones de tratamiento. Típicamente se presentan varios conceptos con estudios de factibilidad adicionales, evaluación de impacto ambiental y conceptos financieros. Los parámetros relevantes para planear instalaciones de tratamiento de residuos son: los materiales de residuo (a tratar), composición y características de los residuos, cantidad de producción de residuos y parámetros locales importantes (esto es, clima, disponibilidad de agua, ubicación, situación geológica y situación geográfica).



## Preguntas Frecuentes

**P: ¿Por que la educación y promoción resultan cruciales para un sistema de gestión de residuos funcional?**

R: Un componente crítico en cualquier programa de gestión de residuos es la conciencia y participación pública, además de una apropiada legislación, fuerte apoyo técnico y adecuado financiamiento. Los residuos son el resultado de las actividades humanas y todos necesitan tener un adecuado entendimiento de los temas relacionados con la gestión de residuos, sin los cuales incluso se hace cuestionable el éxito del mejor plan de gestión de residuos que pueda haber sido concebido. Cada cultura tiene su propio enfoque hacia los residuos, y esto se debe considerar en la planeación. Adicionalmente, la educación del personal administrativo es crucial para los desarrollos relacionados con el manejo de residuos, para implementar el conocimiento (*know-how*) y para permitir decisiones basadas en hechos (tecnología, procedimientos de permisos, desarrollo de regulaciones).

**P: ¿Qué incluye la caracterización de residuos y por qué es ésta importante para los planes de gestión de residuos?**

R: La caracterización de residuos significa averiguar cuánto papel, vidrio, desperdicios de alimentos, etc., son eliminados en el flujo de residuos. La información de caracterización de residuos ayuda a planear el cómo reducir los residuos, establecer programas de reciclaje y preservar el dinero y recursos. La información de caracterización de residuos se diseña para la planeación de la gestión de residuos sólidos. Los datos de caracterización se recolectan tomando muestras de los residuos y clasificándolos según tipos de material, como papel de diario y latas de aluminio, y pesando cada tipo. Típicamente se toman muestras desde los camiones que entregan residuos en rellenos y estaciones de transferencia, traídos desde fuentes residenciales, comerciales y de recolección propia. En algunos casos, se toman las muestras desde las empresas individuales, a fin de desarrollar datos de composición de residuos asociados a tipos específicos de negocio.

**P: ¿En qué consisten los conceptos de "residuo a energía"?**

R: En la medida que los recursos primarios para generación de energía disminuyen en disponibilidad y aumentan en costo, algunos contenidos de los residuos se convierten en una nueva alternativa para la sustitución de combustible o generación de energía. Hay dos conceptos principales. Un concepto es el uso de metano como biogas con generación de energía. El biogas es emitido por los procesos de degradación biológica en rellenos y plantas de digestión anaeróbica. El segundo concepto consiste en segregar desde los residuos la fracción que se puede quemar y utilizar estas partes como combustible derivado de residuos o combustible alternativo en procesos térmicos (esto es, por ejemplo, co-procesamiento en plantas cementeras).



## Referencias e información adicional

### Información general:

<http://www.unep.fr/scp/waste/minimization.htm>

<http://www.waste.nl/>

E. Lacoste, P. Chalmin. From Waste to Resource – 2006 World Waste Survey. Ed. Económica, 2007. ISBN: 978-2-7178-5358-2

Waste Management, Bilitewski, B, Härdtle, G, Marek, K., Berlin 2007, ISBN-10: 3540592105  
ISBN-13: 978-3540592105

Solid Waste Management for Economically Developing Countries, Diaz, Luis F.; George M. Savage, Linda L. Eggerth, Clarence G. Golueke (CalRecovery Inc.), ISWA, Denmark, 1996

Solid Waste Management in Developing Countries by Chris Zurbrugg, SANDEC / EAWAG)

<http://www.eawag.ch/organisation/abteilungen/sandec/publikationen>

Municipal Solid Waste Management - Strategies and Technologies for Sustainable Solutions, Chr. Ludwig, S. Hellweg, and S. Stucki, Springer Publishing House (2003)

<http://www.worldbank.org/>

### Tratamiento biológico (compostaje, digestión, pre-tratamiento mecánico-biológico):

<http://www.orbit-online.net/>

<http://www.bionet.net>

### Rellenos:

[http://ec.europa.eu/environment/waste/landfill\\_index.htm](http://ec.europa.eu/environment/waste/landfill_index.htm)

<http://www.esauk.org/waste/landfill/index.asp>

[http://www.bmu.de/english/waste\\_management/general\\_information/doc/20206.php](http://www.bmu.de/english/waste_management/general_information/doc/20206.php)

### Incineración:

<http://www.esauk.org/waste/incineration/>

Waste Incineration and Public Health, by Committee on Health Effects of Waste Incineration, Board on Environmental Studies and Toxicology, National Research Council, U.S., ISBN-10: 0-309-06371-X/ISBN-13: 978-0-309-06371-5

Los pros:

<http://www.crwj.org/textfiles/cert.htm>

<http://www.waste-incineration.com/>

Los contras:

<http://www.envocare.co.uk/incineration.htm>