

## **Clase 7 (2024)**

# **Residuos Urbanos e Industriales Recolección, transporte y transferencia de residuos urbanos Compostaje**

**Unidad N° 4 parte 2: Recolección, transporte y transferencia de residuos urbanos e industriales.**

**Unidad N°5 Parte I: Tratamiento biológico de fracción orgánica de residuos**

### **1. Compostaje**

### **2. Opciones tecnológicas**

**1. Baja tecnología: Hileras**

**2. Media tecnología:** Pilas estáticas aireadas. Recipientes de compostaje aireados.

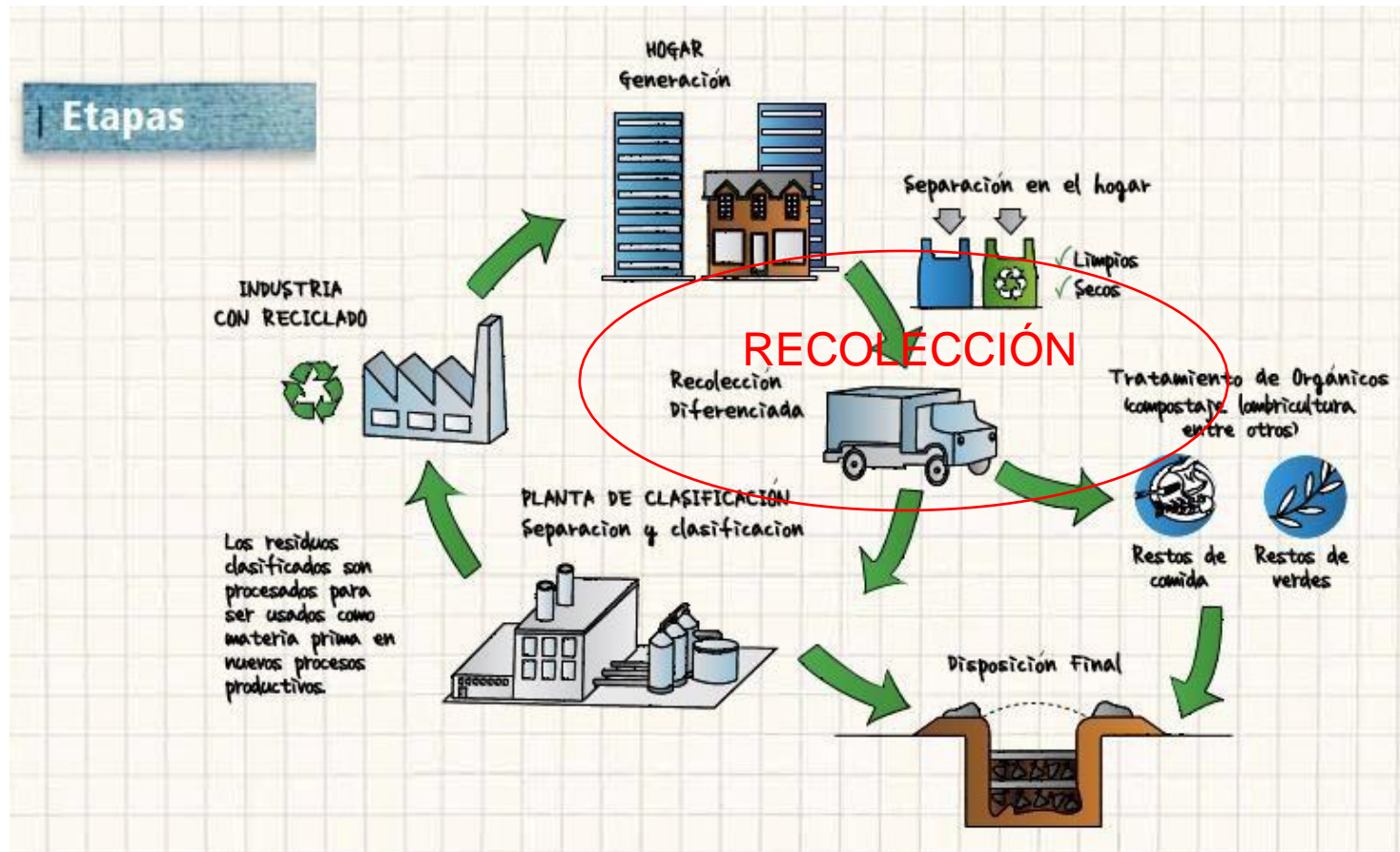
**3. Alta tecnología:** Compostadores de tambor rotatorio Sistemas de compostaje en caja/tunel Recipientes de compostaje mecánicos

### **3. Tratamiento mecánico biológico (MBT)**

# GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.

## Recolección y transferencia

Etapas de la GIRSU



## **Recolección. Definición (Ley 25.916)**

Es el conjunto de acciones que comprende el acopio y carga de los residuos en los vehículos recolectores. La recolección podrá ser:

1. General: sin discriminar los distintos tipos de residuos.
2. Diferenciada: discriminando por tipo de residuo en función de su tratamiento y valoración posterior.

## **Recolección de Residuos**

La recolección y el transporte deberá efectuarse en vehículos habilitados, y debidamente acondicionados de manera de garantizar una adecuada contención de los residuos y evitar su dispersión en el ambiente (art. 14 Ley 25.916)

### **Factores que influyen:**

- **Logística**
- **Tecnología**
- **Costos**

# Recolección Logística

- Fracciones de residuos
- Métodos de recolección
- Vehículos de recolección
- Barrido y limpieza



# Recolección. Logística

## Métodos de recolección

- En los hogares
  - Diaria (en las ciudades)
  - Semanal (fuera de las ciudades)
  - Bi-semanal (Biodegradables, en verano semanal)
  - Mensual (otras corrientes)
- En las instalaciones
  - Instalaciones pequeñas cerca de áreas de compras:
    - Cada 2.000 habitantes,
    - Instalaciones más grandes con gran generación de residuos
  - Cada 50.000 habitantes, 1-3 por ciudad, dependiendo del tamaño.



# Recolección

## Logística (Bolsas)

- Ventajas:
  - Reciclaje es mejor
  - Para pequeños volúmenes de residuos por vez
  - Flexible en volúmenes pico
- Desventajas:
  - Rotura de bolsas (por animales), residuos en las calles
  - Se crea residuo extra por las bolsas plásticas.
  - Trabajo desagradable, los recolectores pueden sufrir daños por cortes y cargar bolsas.



# Recolección

## Logística (Contenedores)

- Ventajas:
  - Calles más limpias.
  - Contenedores de larga vida útil
  - No hay almacenamiento de bolsas de basura en los hogares.
  - Trabajo más seguro y sano de recolección.
  - Menos empleados de recolección y por lo tanto menor costo de mano de obra.
- Desventajas:
  - Mayor inversión en los contenedores y en los camiones recolectores.
  - Menos reciclaje (o se necesitan más contenedores selectivos)





## Recolección. Logística

Métodos de recolección (casa por casa)



Métodos de recolección en puntos de entrega



Estaciones de entrega para toda la ciudad.



## Recolección. Logística Barrido y limpieza





# Recolección. Tecnología

## Vehículos de recolección. Tipos más usados



Carga lateral



Carga frontal



## Recolección. Tecnología

### Vehículos de recolección más usados

Carga frontal



Carga trasera

#### Capacidades:

**7-25 m<sup>3</sup>**

**6-20 toneladas**

**Índice de compactación  
hasta 6:1**

Carga con grúa  
(Superior)  
Tiempo de  
descarga 15  
segundos





# Recolección. Tecnología

## Vehículos Híbridos/Electricos/ Gas natural/ Recolección Neumática



### Sistema neumático.

- Costos de Inversión entre 1000-2000 euros por vivienda..
- Estos sistemas se planifican para un tiempo de uso de alrededor de 30 años.

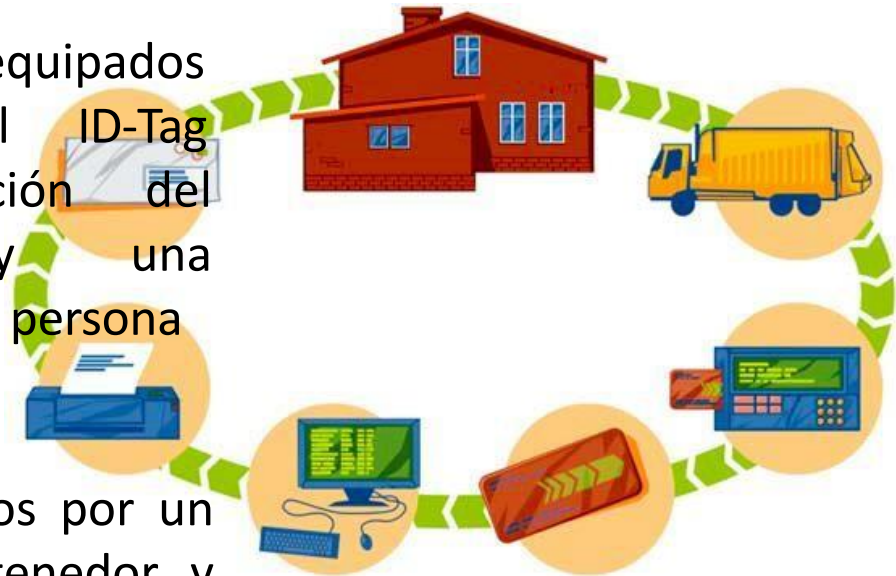
<https://www.youtube.com/watch?v=D2ILqjxOB3o>

Híbridos/eléctricos: menor autonomía y potencia.



### Identificación de contenedores

1. Los contenedores de residuos están equipados con un chip de datos (ID-Tag). El ID-Tag almacena datos de identificación del contenedor. Usualmente hay una correspondencia uno a uno entre una persona que paga el servicio y el ID-Tag.
2. Los datos de identificación son leídos por un lector durante el vaciado del contenedor y transmitidos al software del vehículo. Opcionalmente se puede pesar durante el vaciado o medir la altura de llenado con sensores en el vehículo y transmitidos con la ID del usuario. El software del vehículo complementa con fecha y hora. Los datos se transfieren a oficinas para backup.



# Recolección. Tecnología

## Nuevos desarrollos.

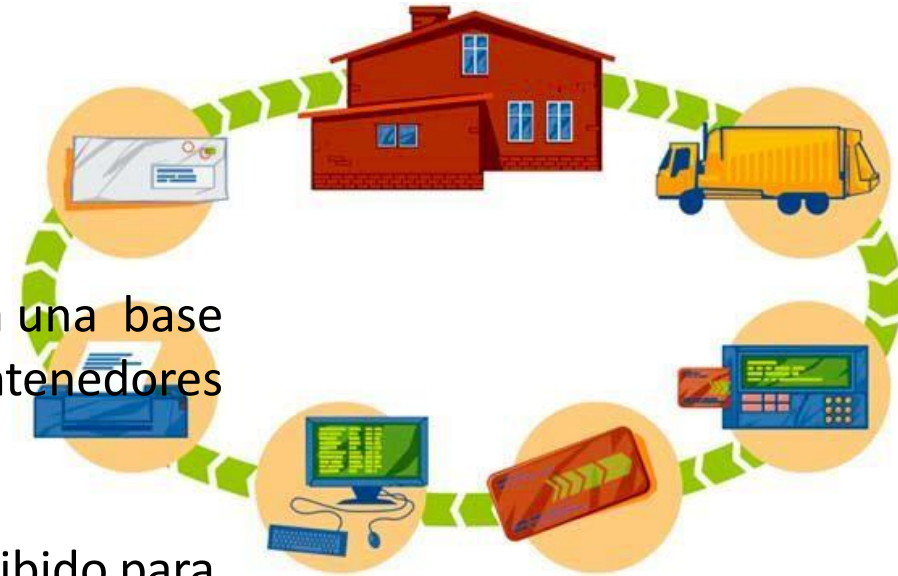
### Identificación de contenedores

(cont.)

3. Los datos transferidos son vinculados a una base de datos que tiene una lista de contenedores registrados y usuarios del servicio.

Los registros individuales del servicio recibido para cada usuario se generan.

4. Las **tarifas individuales en relación con la cantidad de servicios son calculadas y las cuentas correspondientes se producen y son enviadas a los usuarios de los contenedores de residuos vaciados.**



## **Recolección. Logística**

### **¿Por qué es importante?**

- El tratamiento de los residuos se realiza en la mayoría de los casos lejos de los puntos de recolección.
- El transporte de residuos en un camion de recolección por grandes distancias (más de 30 km) es costoso e ineficiente.
- Para incrementar la eficiencia, se construyen estaciones de transferencia.
- Las estaciones de transferencia pueden también operar para el reciclaje.

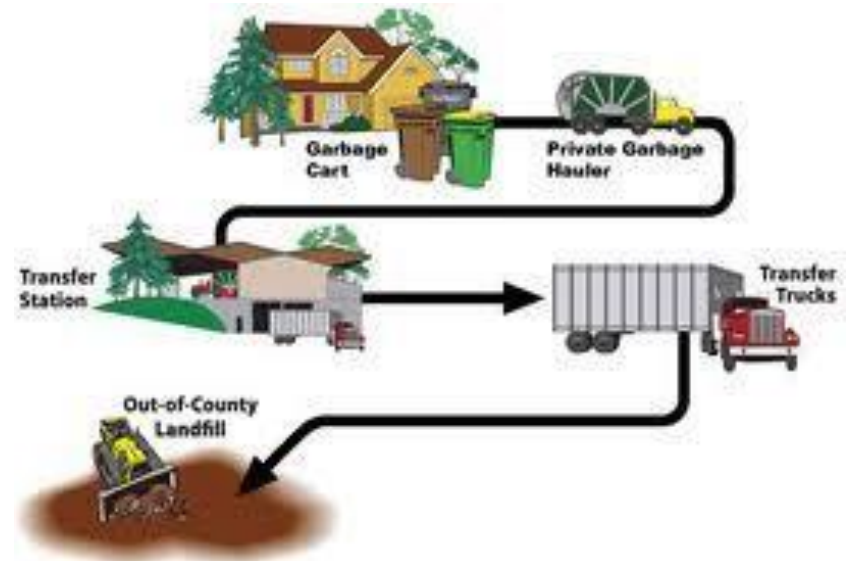
## Recolección. Costos

- La **recolección** es la etapa de la GIRSU que **insume más recursos humanos y materiales a los municipios.**
- En el caso de recolección mecanizada (desde contenedores), se ahorran costos de mano de obra pero los camiones son más caros. También se debe contar con lavado de los contenedores.
- La recolección separada también implica mayores costos.
- Para incrementar la eficiencia, se construyen estaciones de transferencia en ciudades con gran generación y plantas alejadas. Ejemplo en AMBA: Plantas CEAMSE Colegiales, Pompeya y Flores.

## Transferencia y Transporte. Definiciones (Ley 25.916)

**Transferencia:** comprende las actividades de almacenamiento transitorio y/o acondicionamiento de residuos para su transporte.

**Transporte:** comprende los viajes de traslado de los residuos entre los diferentes sitios comprendidos en la gestión integral.





# Transferencia de residuos

## Estación de transferencia:

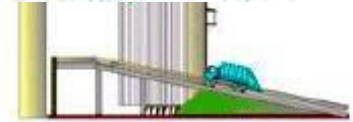
instalaciones que son habilitadas para tal fin por la autoridad competente, y en las cuales los residuos domiciliarios son almacenados transitoriamente y/o acondicionados para su transporte.

<https://www.youtube.com/watch?v=CJrxjlaVHAo>

Orientativamente son convenientes para generación de más de 50 toneladas/día y distancias mayores a 25 km



Los equipos recolectores son identificados y pesados al ingresar a la planta



Luego de pesado el vehículo recolector sube la rampa hasta la playa de descarga superior...



...simultáneamente, el equipo de transporte (trailer) atracca en la tolva de descarga inferior



Los vehículos recolectores operan desde la zona de descarga superior...



El pistón del transfer retrocede...



... y luego avanza comenzando a cargar equipo de transporte por la parte trasera

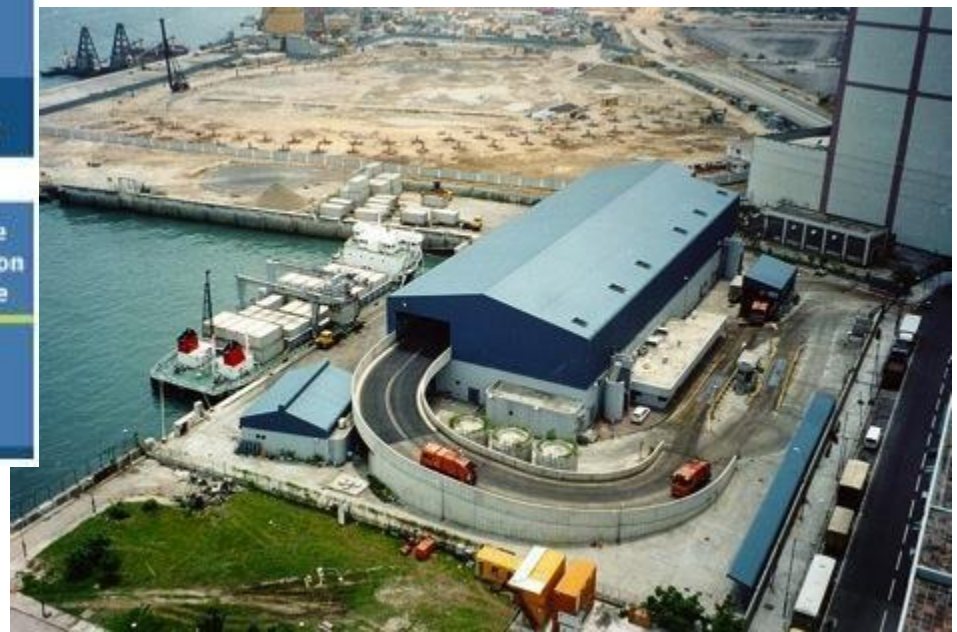


La operación continua hasta completar la carga del trailer



Una vez completada la carga el trailer se retira.

# Transferencia. Logística: Plantas de transferencia por gravedad, con cinta transportadora, con compactación



## Transferencia. Logística

- Las estaciones de transferencia pueden ser no solo para transferir desde camiones pequeños (de recolección de 3-10 toneladas) a camiones de transferencia grandes (20-40 toneladas), pero también pueden hacer algunos pretratamientos.
- La separación, y enfardado pueden combinarse en una sola planta.
- También se puede realizar transferencia de camiones recolectores a contenedores a transportar por tren o barco fluvial.





# Transferencia Logística

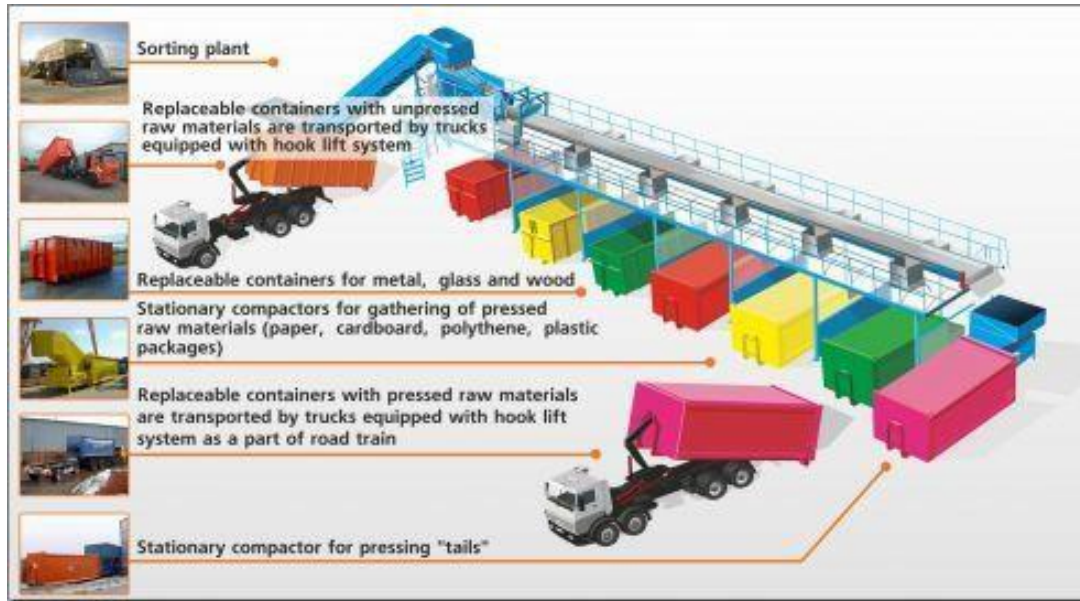


Bunker de separación



Estación de transferencia





← Separación

Enfardado →







Unidad de compactación estática



Contenedor de transporte 30 m3

# Tratamiento de Residuos Domiciliarios

## Tratamiento biológico de fracción orgánica de residuos

### 1. Compostaje

### 2. Opciones tecnológicas

#### 1. Baja tecnología: Hileras

**2. Media tecnología:** Pilas estáticas aireadas. Recipientes de compostaje aireados.

**3. Alta tecnología:** Compostadores de tambor rotatorio Sistemas de compostaje en caja/tunel Recipientes de compostaje mecánicos

### 3. Tratamiento mecánico biológico (MBT)

# ¿Qué es el compostaje?

- Es un proceso aeróbico que descompone grandes moléculas en más pequeñas y más estables.
- Actúan organismos aeróbicos: los microorganismos e invertebrados que son fundamentales en el compostaje que requieren oxígeno y agua para descomponer exitosamente el material.
  - Todo material vivo puede compostarse. Los materiales ideales para compostar son:
    - Podas, residuos de pastos, hojas, ramas.
    - Residuos de alimentos.
    - Papel no reciclable.
    - Excrementos animales.
    - Residuos de madera.
    - Otros orgánicos.

# COMPOSTAJE

- El compost es marrón oscuro, poroso, y material similar al suelo.
  - ⚡ A veces se confunde con suelo, pero es bien distinto.
  - ⚡ El suelo se compone primariamente de pequeñas partículas minerales de rocas meteorizadas en diferentes tamaño.
  - ⚡ Compost esta compuesto primariamente de material llamado humus, un material orgánico hecho de partículas como arcillas por el proceso de descomposición, que le da propiedades beneficiosas.

Compost es tan Bueno  
 como lo sean  
 sus materias primas.  
 Cuanto más puras las  
 materias primas,  
 más valioso el compost.



# Compostaje

- Visto desde los residuos

La fracción orgánica es responsable de la mayoría de los impactos ambientales y a la salud.

La biodegradación de la fracción orgánica es un proceso clave en la gestión de residuos.

Visto desde los recursos.

- Alimentos, papel, residuos verdes, etc. incluyen carbono orgánico.
- Carbono orgánico es un elemento clave en los ciclos naturales.
- La recuperación de carbono orgánico provee beneficios sustanciales.



## Opciones

### Separación en origen

- Separación en origen de residuos orgánicos
- Mezcla con otros residuos como barros, excrementos, residuos verdes
- Compostaje.
- Venta de compost

### Planta MBT (Tratamiento mecánico biológico)

- Recolección de residuos mezclados.
- Recuperación de la fracción orgánica de los residuos mezclados.
- Compostaje de la fracción recuperada incluyendo impurezas.
- Disposición final de compost

+Compostaje hogareño

# Ciclo completo

## STAKEHOLDERS

Generadores de residuos.  
 Compradores de residuos  
 Empresas de reciclaje  
 Autoridades.

Municipalidades  
 Gobiernos  
 ONGs

Generación & separación

Recolección

Transferencia & transporte

Tratamiento & disposición

Reducción

Re-uso

Reciclaje

Recuperación

## ASPECTOS

Ambientales

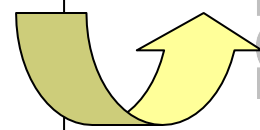
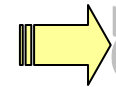
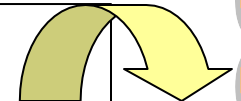
Políticos / legales

Institucionales

Económico – financieros.

Desempeño técnico

Sustentabilidad

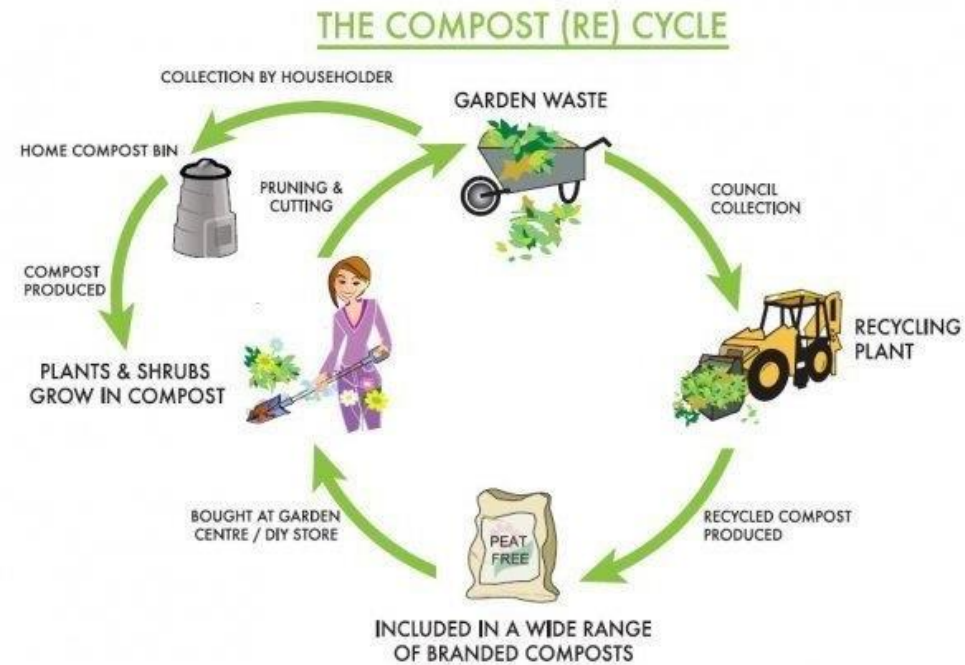


## Impactos del compostaje en la GIRSU

- ☐ Reducción de los impactos ambientales de los rellenos sanitarios (lixiviados, biogas)
- ☐ Recuperación de compost y/o energía.
- ☐ Reducción del volumen de residuos y aumento de la vida útil de los rellenos.
- ☐ Minimización del uso de fertilizantes químicos.

- Los residuos orgánicos emiten CO<sub>2</sub> – carbono corto plazo (biogénico) → C neutral
- Uso de compost reemplaza a los fertilizantes → se evita emitir CO<sub>2</sub> y otros GEIs
- Uso de compost puede bloquear el carbono en el suelo – «secuestro» de carbono.
- *Digestión anaeróbica transforma al carbono en combustibles alternativos (biogas: 100-150 m<sup>3</sup>/tonne d.m.)*
  - Replacement of mineral fertilisers → 30-50 kg CO<sub>2</sub>-eq/tonne
  - Biogas Production → 100-150 kg CO<sub>2</sub>-eq/tonne
  - Peat replacement → 300-400 kg CO<sub>2</sub>-eq/tonne
  - C sequestration → 11 to 326 kg CO<sub>2</sub>-eq/tonne – EC Report "Soils and climate change"
  - Reduced N<sub>2</sub>O release + Improved Workability + Water retention + Replacement of pesticides.....

# Compostaje & Ciclo del C





## Beneficios del Compost

- Mejora la estructura y porosidad del suelo.
- Provee materia orgánica.
- Provee microorganismos beneficiosos al suelo.
- Contiene humus que actúa como pegamento para el suelo, manteniendo las partículas juntas y aumentando la retención de humedad.
- Reduce emisiones CO<sub>2</sub>
- Sustituye fertilizantes químicos.



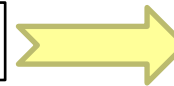
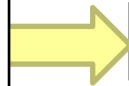
# COMPOSTAJE

**RESIDUOS VERDES**  
**RESIDUOS DE**  
**ALIMENTOS**  
**MERCADOS DE**  
**VEGETALES (ferias)**  
**BARROS/ LODOS**  
**EXCREMENTOS**  
**ANIMALES**

**COMPOSTAJE**

**REFINACIÓN**  
**CLASIFICACIÓN**

**MERCADOS**



## 2. Opciones tecnológicas

### Compostaje Pasivo vs Activo

#### PASIVO

- El compostaje es un proceso dinámico.
- Dependiendo del proceso puede ocurrir rápidamente o lentamente.
- Una pila de residuos orgánicos puede descomponerse, pero lentamente (natural)
- “Compostaje pasivo” requiere poco mantenimiento.

#### ACTIVO

- Compostaje “activo” o rápido puede completarse creando las condiciones ideales para la descomposición natural.
- Se controlan:
  - Aireación
  - Humedad
  - Relación Carbono a nitrógeno (C:N)




## 2. Opciones de tecnologías de compostaje

1. Baja tecnología
  - Hileras
2. Media - Tecnología
  - Pilas estáticas aireadas.
  - Recipientes de compostaje aireados.
3. Alta Tecnología (en reactores)
  - Compostadores de tambor rotatorio
  - Sistemas de compostaje en caja/tunel
  - Recipientes de compostaje mecánicos.



## 2.1. Compostaje. Baja tecnología

### – Hileras

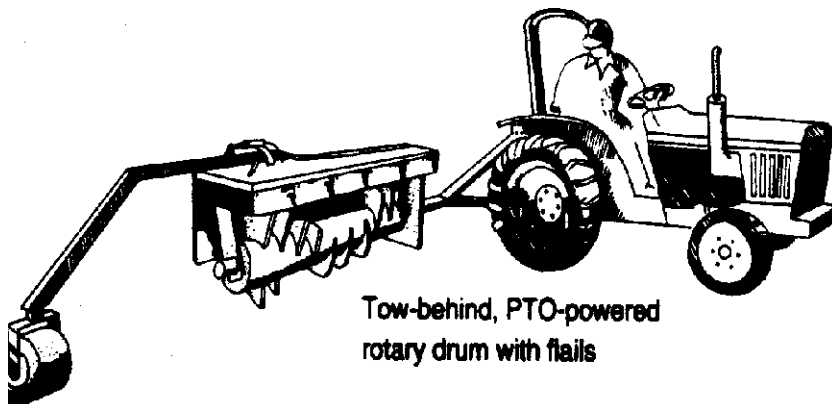
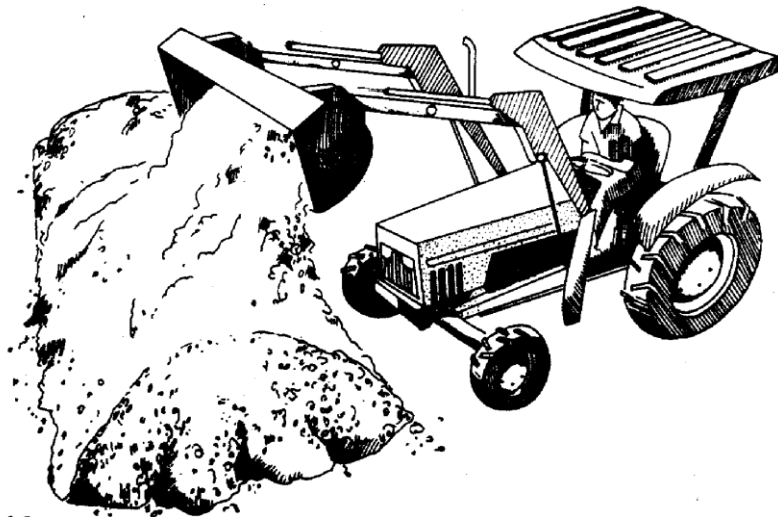
Static arrangement		Dynamic arrangement
Passive aeration	Active aeration	
		 source: <a href="http://www.backhus.com">www.backhus.com</a>
aeration due to self-heating	aeration with the help of air blower and piping system	aeration by way of regular turning (e.g. on a weekly basis)

## 2.1. Baja tecnología: Compostaje en hileras

- Pilas estrechas y largas agitadas/ volteadas regularmente.
- Aireación por el movimiento natural/ pasivo del aire.
- Mejor en volúmenes grandes.
- Tiempo de compostaje  
3-6 meses .



## 2.1. Baja tecnología: Compostaje en hileras (cont.)

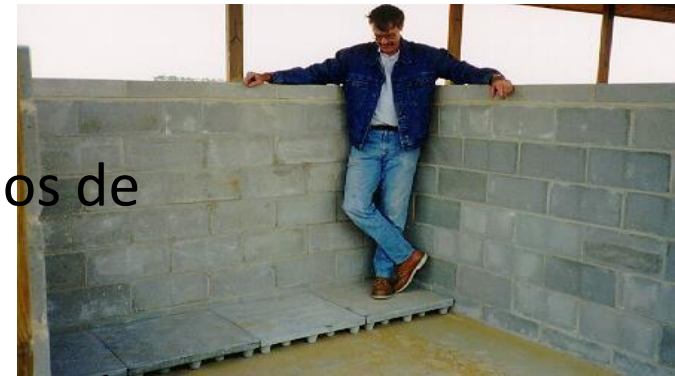


Tow-behind, PTO-powered  
rotary drum with flails

- Equipos necesarios
  - Triturador/ tamiz
  - Tractor
  - Volteador de las pilas
    - Tirado por tractor
    - Auto propulsado
  - Tamizador
  
- Costos de trabajo manual excesivos sin equipos.

## 2.2 Media tecnología: Recipientes aireados de compostaje

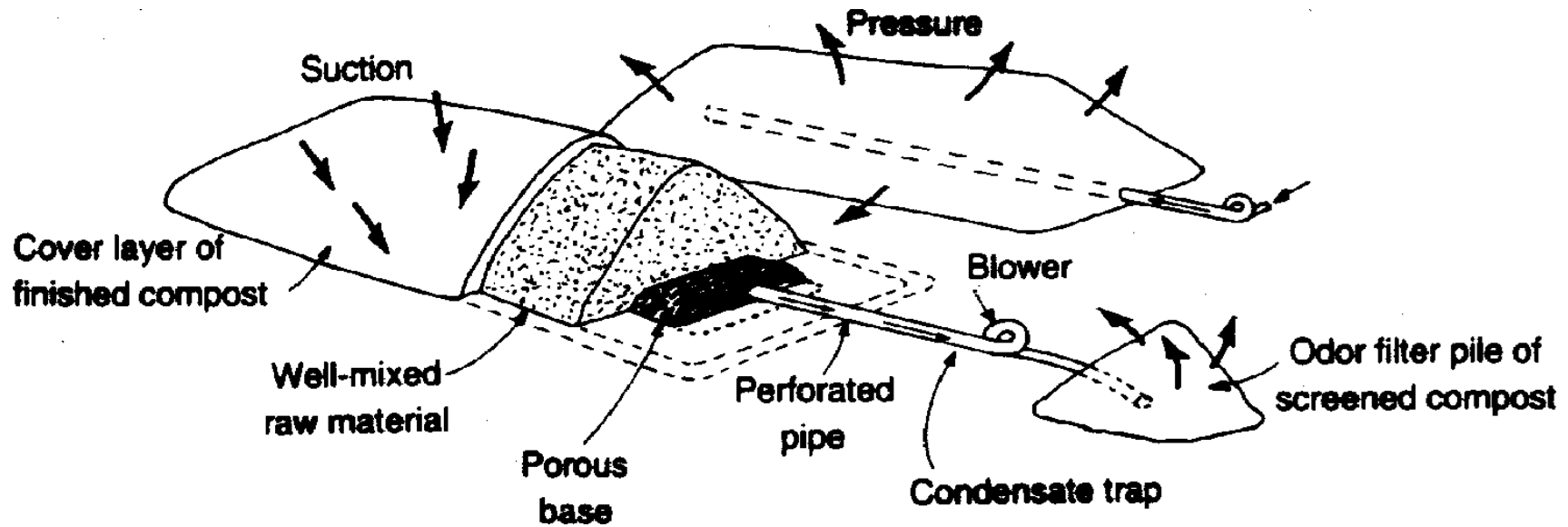
- Aireación a través de placas en el piso.
- Tiempo de compostaje: 2 -3 semanas.
- Tiempo de curado: 2 meses.
- Materiales de construcción durables.
- Equipos necesarios: cargadora frontal
- Se necesita control de vectores con residuos de alimentos.
- Capacidades: 3 – 4 días de residuos de alimentos





## 2.2 Media tecnología. Pilas aireadas estáticas

- Aireación provista por sopladores mecánicos.
- Pueden acortar el tiempo de compostaje a 3 – 5 semanas (seguidos de 30 días de curado)



## 2.2 Media tecnología. Pilas aireadas estáticas (cont.)

- Mejor para grandes volúmenes.
- No recomendado para residuos que necesiten ser mezclados durante el compostaje, como los alimentos.
- Difícil de ajustar la humedad durante el compostaje si es necesario.
- Control de olores difícil sin aireación positiva.
- Requieren menos área de terreno que las pilas
- Trabajo intensivo.



## 2.3. Alta tecnología. Compostadores de tambor rotatorio.

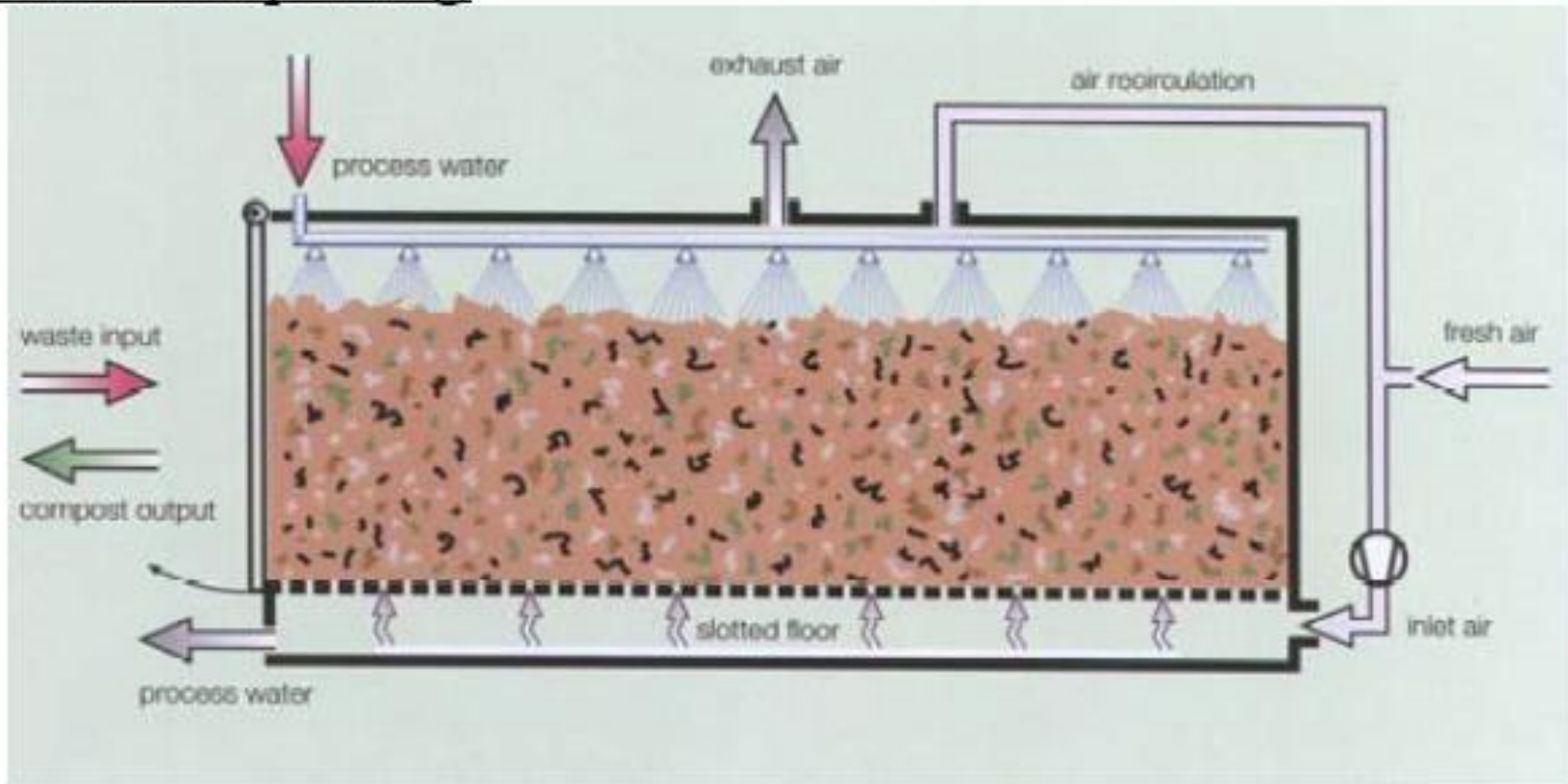
- La rotación mezcla, y airea la mezcla
- Se requiere una 2ª etapa de curado.
- Los residuos de alimentos deben triturarse y tamizarse y mezclarse con agentes que den volumen antes de alimentarse al tambor (aserrín, virutas, chips).
- Receta para residuos de alimentos:
  - 2 Partes de chips de madera.
  - 1 parte de aserrín
  - 2 partes residuos de alimentos



## 2.3. Alta Tecnología

### Compostaje en tunel/ caja

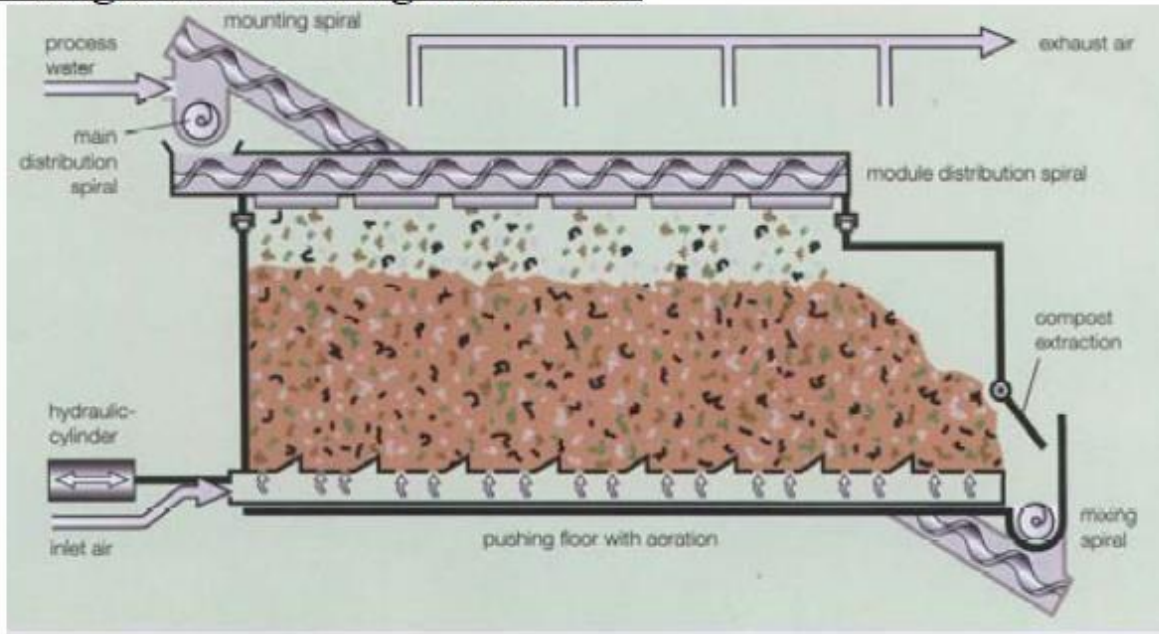
#### Tunnel composting





## 2.3. Alta Tecnología. Compostaje en tunel/ caja

### Rotting boxes/ Rotting containers



## 2.3. Alta tecnología. Recipientes de compostaje mecánicos



- Diseño modular, operación batch.
- Capacidad: 200 lb/día.
- Tiempo de compostaje: 4 semanas. Curado: 1 mes.
- Espacio: pequeño como estacionamiento de un auto.
- Costo: \$6,000
- Trabajo: 1 Operador

# Requisitos para compostaje

- ¿En donde?
  - Restaurants
  - Hospitales
  - Escuelas
  - Campus
  - Mercados de vegetales (ferias)
  - Hogares y departamentos
- Almacenamiento temporario
- Recolección
- Usos finales y mercados
- Costos.





# Requisitos para compostaje

## Almacenamiento temporal

- Bolsas
- Contenedores y baldes.
- Suelto
- OLORES: La queja más común
- Se Vuelve peor cuando la temperatura aumenta.
- Puede manejarse con:
  - Uso de bolsas cerradas
  - Recolección más frecuente.



## Baldes/recipientes

- 6.5 - 30 litros
- Recolección manual – ahorra tiempo
- Tiempo de recolección por punto de recogida: 20 a 60 seg.
- Edificios de Altura: 15-20 casas en un solo punto de recogida



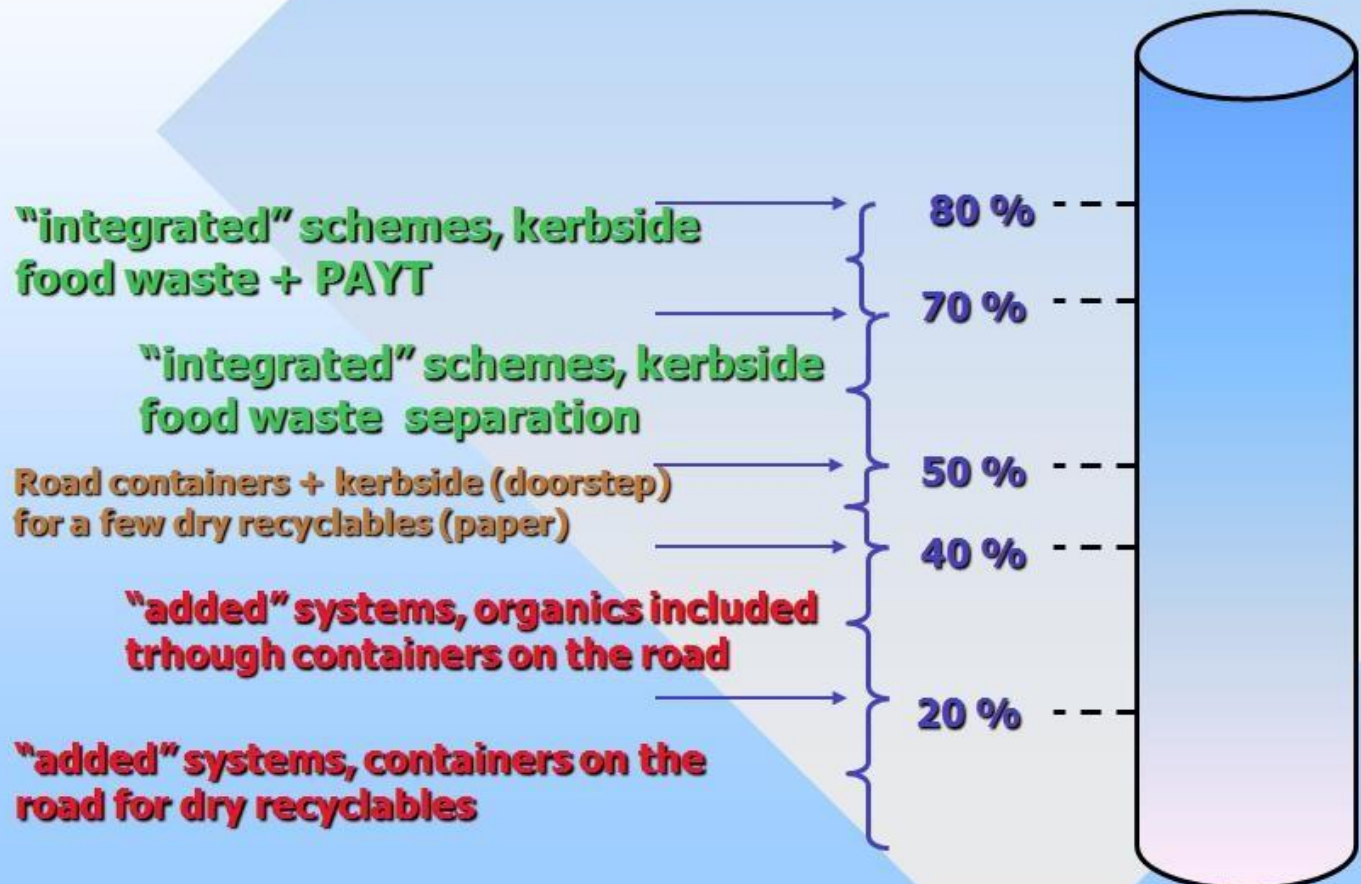
## Bolsas biodegradables.

- Ayudan a mantener los contenedores limpios
- Bolsas + recolección frecuente hacen al sistema amigable para el usuario.
- Captura alta y bajos porcentajes de orgánicos en los residuos mezclados.
- Residuos mezclados pueden recolectarse con menor frecuencia. Ahorro \$\$.

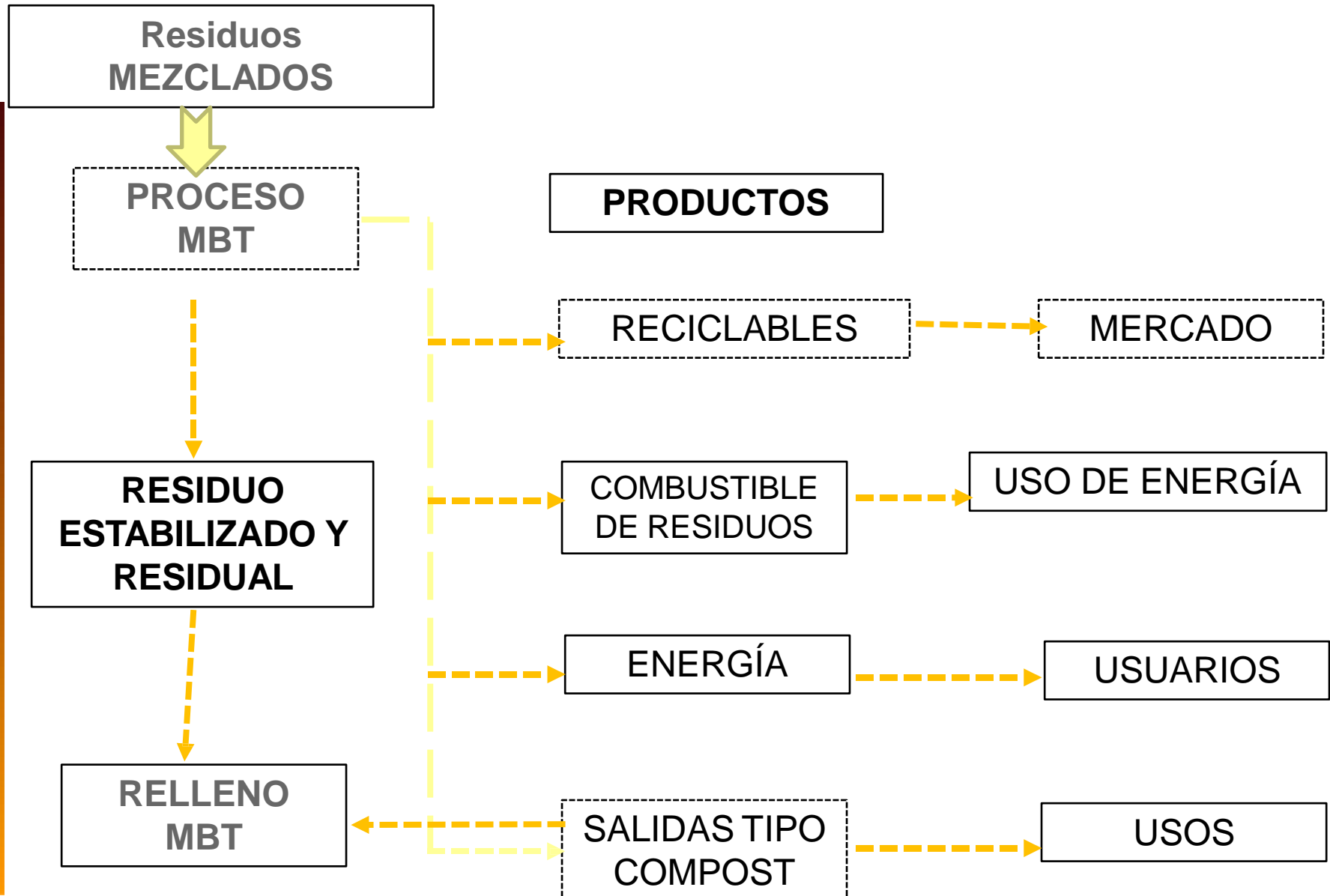


### ¿Cómo lograr altas tasas de separación en origen?

## What does it take to get there ?



### 3. Tratamiento mecánico biológico (MBT)



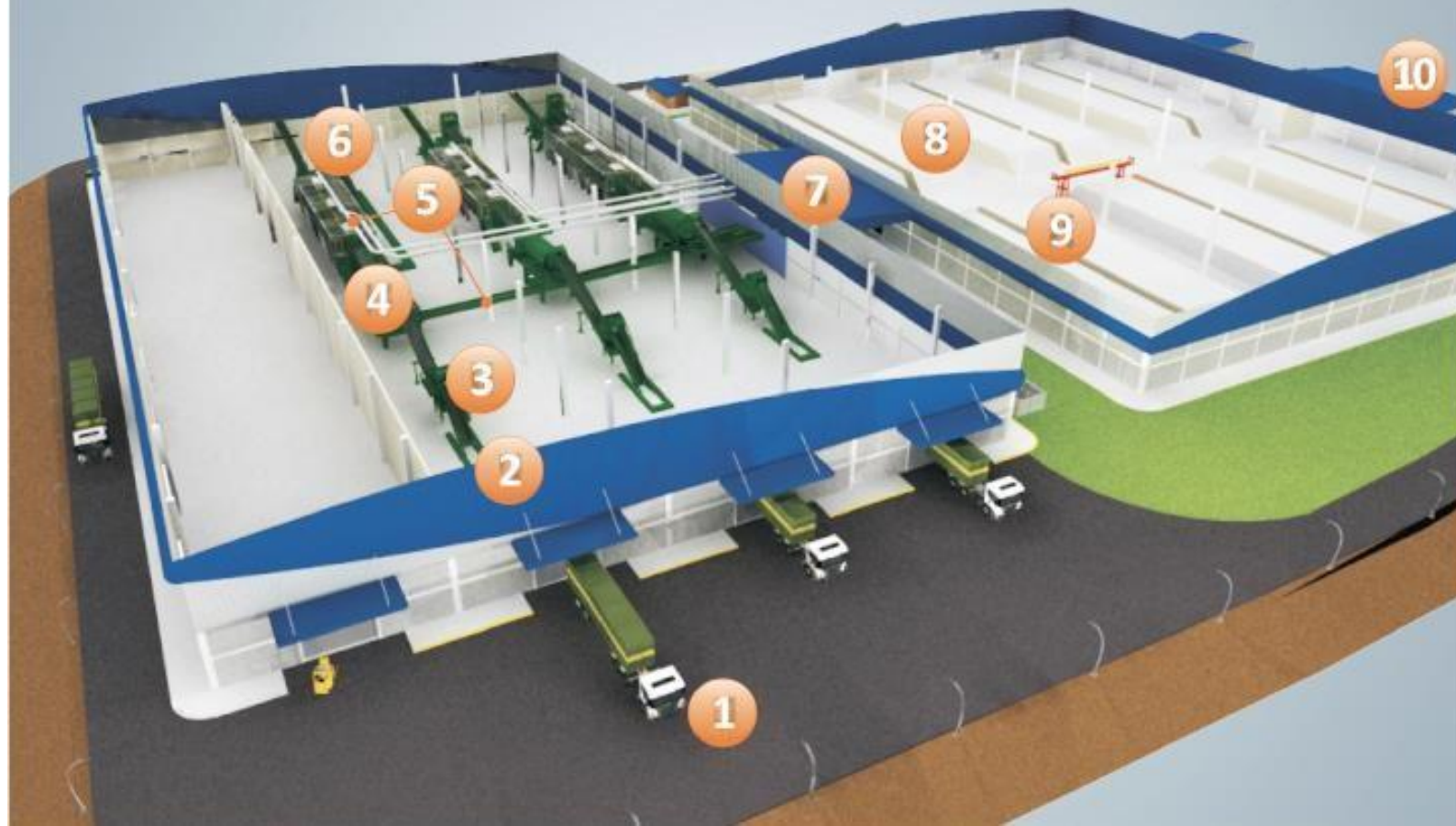
## MBT. Ejemplo CEAMSE

### Diagrama de Flujo de la Planta MBT



# ¿Cómo será el proceso de trabajo de la Planta de MBT?

La instalación mecánico-biológica preparará el residuo a tratar en función de su composición, tipo y cantidad. Esta tecnología no solo promoverá la reutilización de materiales valorizables para su posterior comercialización, sino que también colaborará en la optimización del uso del espacio en el relleno.



## Conclusiones

- Compostaje tiene un rol sustancial en la GIRSU.
- Desde el punto de vista de la GIRSU, los temas claves son:
  - Separación de la fracción orgánica de los rellenos.
  - Minimización de los impactos ambientales de los rellenos.
  - Aumento de la vida útil de los rellenos.
- Desde el punto de vista de los recursos, los temas claves son:
  - El compost provee grandes beneficios a la estructura del suelo.
  - Sustituye a los fertilizantes químicos.
  - Prove reducción sustancial de emisiones de CO<sub>2</sub>



## Bibliografía

Tratamiento y gestión de residuos sólidos, Colomer Mendoza, Ed.  
Universidad Politécnica de Valencia, 2010

ISWA, International solid waste association, 2011.

Best Practice Municipal Waste Management WT/R-05\_COM  
Fichas Agencia de protección ambiental Alemania  
[https://www.umweltbundesamt.de/en/topics/sustainability-  
strategies-international/cooperation-eeca-centraleastern-european-  
states/project-database-advisory-assistance-programme/best-  
practices-in-municipal-waste-management](https://www.umweltbundesamt.de/en/topics/sustainability-strategies-international/cooperation-eeca-centraleastern-european-states/project-database-advisory-assistance-programme/best-practices-in-municipal-waste-management) (2018)