

## Logística y Clasificación

### 1.1.2 Gestión de residuos: breve introducción

#### ¿Cuánto generamos?

Vamos a comenzar con un caso de estudio introductorio:

Su objetivo es explicar el problema de los residuos de una manera sencilla. ¿Podemos responder a la siguiente pregunta?

¿Sabemos cuántos residuos generamos a lo largo de nuestra vida?

Una persona empieza a generar residuos desde que nace. En el primer año de vida, una persona produce más de 200 kg de desechos, la mayoría pañales. Durante su vida, una persona producirá más de 650.000 kg de desechos, basura, sustancias tóxicas y otras formas de contaminación.

De esos 650.000 kg una persona producirá nada menos que 34.000 kg de basura doméstica o residuo sólido municipal en unos 75 años. Eso es 440.000 m<sup>3</sup>, equivalente a un apartamento de 120 m<sup>2</sup> lleno hasta el techo de basura.

#### ¿Cómo manejamos este problema en el pasado?

##### **Pero, ¿cómo manejaron las culturas antiguas este problema?**

Antes nos deshacíamos de los residuos de la manera que requería el menor esfuerzo, es decir, tirándolos a la calle, detrás de las casas, etc. Esto no era un problema grave hasta que las calles, patios industriales, etc., se llenaron con basura, que trajo consigo insectos, ratas y otro tipo de animales.

## Una gestión

### colectiva para un problema individual

Es por eso que la mayoría de las agencias gubernamentales intentan resolver este problema individual a través de la gestión colectiva., empoderando a los municipios para implementar servicios de recolección de residuos. Durante un tiempo, esto resolvió el problema de la acumulación de residuos en las calles.

Según cómo se implemente, la ley encomienda esta función a la administración más cercana al ciudadano, generalmente el municipio.

**Está claro que lo que quieren los ciudadanos es el mejor servicio posible al menor coste posible.**

Ahí es donde radica el problema: si no somos capaces de explicar a la ciudadanía en qué consiste una correcta gestión de residuos, será difícil cobrar por este servicio.

### El trabajo invisible

Pero, ¿por qué la gente no es consciente del coste y esfuerzo real que implica la gestión de residuos?

**Hoy en día la gestión de residuos es como una caja negra donde simplemente tiramos nuestra bolsa al contenedor y mágicamente desaparece.**

Es por todo ello que la transparencia y la información sobre la recogida de residuos se consideran cruciales. El ciudadano deja la bolsa de basura en el contenedor y se la llevan, por lo que, en su opinión, no entienden las complejidades del sistema, ni siquiera por qué tienen que pagarlo.

**Si el público no entiende los cientos de camiones que se utilizan, los cientos de personas que trabajan en él, o incluso todas las toneladas que se manejan, difícilmente podrán entender el costo del servicio.**

¿Y por qué existe esta percepción? Porque no permitimos que se acumulen residuos en su puerta. Se recoge con la frecuencia suficiente, sin hacer ruido, para que no genere olores desagradables. Los vecinos disponen de contenedores o puntos de entrega de sus residuos relativamente cerca de sus domicilios, contenedores que están limpios y no crean mayores problemas para los vecinos.

## Nuestro papel

### como estudiantes

Entonces, ¿cómo vamos a trabajar para mejorar esta situación?

Si tengo montones de basura cerca y cada vez que abro la ventana huelo su "aroma", el problema se hace evidente y la mejor solución suele ser quemarla, aunque eso lo convierte en otro tipo de problema, uno que veré y oleré desde mi ventana todos los días.

**El objetivo de esta sección es determinar, desde un punto de vista técnico, cuáles son los problemas, cuál es la solución propuesta por el mercado, los pros y los contras de las tecnologías disponibles para que podamos tener en cuenta todos los factores y luego adaptarlos e implementarlos. soluciones**

### Objetivos de esta área

Entonces, ¿cuál es nuestra misión al hablar sobre la gestión de residuos en PackAll?

Determinar los parámetros que definen el modelo de gestión de residuos. Analizar las posibles alternativas y sus limitaciones, y cuantificar las soluciones técnicas.

En resumen, PROPONE:

- Qué
- Cómo
- Cuando
- Con qué.

#### QUÉ

- Definir qué son los residuos sólidos urbanos
- Qué fracciones se separan.
- Donde se transportan.

#### CÓMO

- Qué tecnología usamos.
- Cómo se distribuyen los contenedores. Número de contenedores por habitante. (Razones)
- Finalidad IMAGEN – RESULTADO

#### CUANDO

- Cuando el desecho lo requiere (económico)
- Maximización del servicio (a todas horas). (Usa la experiencia)

- Minimizar el

impacto en los residentes.

- Balance COSTE - SERVICIO.

#### CON QUÉ

- Determinar los recursos necesarios. Camiones y Operadores.
- Incluir soluciones de contingencia. (Reservas)
- Prestar el servicio con los medios auxiliares necesarios. Instalaciones. Organización. Control.

## Gestión de Residuos - Métodos de gestión de RSU

### ¿Qué son los residuos sólidos urbanos? - RSU en nuestra vida diaria

Acabas de desayunar. No terminaste un trozo de pan con mantequilla. Estabas lleno. Hay migas de galleta en la mesa.

Lo recoges todo y lo pones en el cubo debajo del fregadero, junto con la bolsa de la aspiradora que cambiaste y unos calcetines que, después de ducharte esta mañana, te diste cuenta de que tenían algunos agujeros.

También hay una botella de leche vacía del desayuno y el envase de mantequilla vacío. Tienes que cambiar la bolsa porque está llena.

- ¿Quién tiró el periódico antes de que tuviera la oportunidad de leerlo?

- No importa. Sacas la bolsa y luego bajas al contenedor.

**Aquí es donde termina tu problema y comienza el nuestro.**

**En un día has producido casi un kilo de una mezcla sólida de materiales de los que te quieres deshacer.**

Esto es lo que se conoce como basura, o lo que **nosotros en el negocio llamamos Residuos Sólidos Urbanos, o RSU.**

## Definiciones de RSU

Vayamos un paso a la vez:

¿Qué es el desecho?

Algunos autores definen **Residuos como recurso en el lugar equivocado**. Lo que para mí son zapatos anticuados podrían, en otro lugar, ser la única protección entre los pies y el suelo. Mis restos de comida se pueden convertir en abono para fertilizar granjas, y mi botella de bebida

de plástico se puede convertir en hilo para hacer ropa nueva. **El problema de los residuos es principalmente cómo llevarlos de quien los genera a alguien que pueda aprovecharlos para darles una segunda vida y, además, hacerlo de manera eficiente.**

¿Qué se considera residuo urbano?

Esos residuos que se generan en **centros urbanos o en sus áreas de influencia y cuya gestión está a cargo de agencias gubernamentales.**

En resumen:

podemos definir **residuo como todo lo sólido que su dueño no quiere, o no sabe qué hacer con él, y lo tira,** momento en el cual el gobierno es responsable de manejarlo.

## ¿Qué constituye la basura doméstica?

Hasta ahora hemos utilizado los residuos sólidos urbanos como un término de uso general, sin entender de qué está hecho y qué propósitos puede tener. **Es importante comprender qué tipos de materiales pueden componerlo y diseñar sistemas que puedan usarse para clasificar estos residuos de manera eficiente** en relación con el uso potencial que tendrá después del procesamiento.

**Volumen de residuos generados y viabilidad.**

En primer lugar, tenemos que plantearnos qué nivel de recogida puede hacer viable que una empresa ponga en marcha procesos productivos con los materiales recuperados.

En términos generales, la **pequeña cantidad de producción individual hace** que esta transferencia de materiales entre la producción (individuo) y el consumidor (empresa) **sólo sea viable a nivel de grupo.**

**Las plantas de tratamiento de residuos actúan como instalaciones mineras** que recuperan materiales de las minas que les llegan: **cuanto mayor sea la pureza** (en términos de los materiales recogidos por separado) **más se recupera.**

## Objetivo

**A la hora de planificar la recogida de residuos, tenemos que entender para qué se utilizarán los residuos recogidos.** Existen diferentes alternativas de gestión de residuos, incluyendo el vertido, la incineración, el reciclaje y el compostaje.

## Diagrama del sistema de

### economía circular - Fundación Ellen MacArthur

El Diagrama del Sistema de Economía Circular de la fundación Ellen MacArthur es muy interesante. Para más información, ver <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/concept/infographic>

## Vertederos

Alternativas como el vertido **no generan ningún valor en términos de reintroducción de residuos en nuevos procesos productivos**. También tienen un alto impacto ambiental, pero, sin entrar en muchos detalles:

- ¿Tendría sentido recoger los residuos por separado si luego los depositamos todos en un vertedero?
- La respuesta parece obvia: **No**. Sería más útil reunir todos los materiales que lo componen. Esto ahorraría dinero, tiempo y emisiones en las rutas de recolección.

## Recuperación de energía o incineración

**Otra alternativa, como la recuperación de energía de residuos a través de la incineración, recupera muy poco del valor potencial de los residuos.**

Esta estrategia no es aconsejable como principal alternativa en la gestión de los residuos sólidos urbanos, ya que, como hemos visto, no prioriza un ciclo corto dentro del esquema del sistema de economía circular. Pero en cuanto a cómo debemos abordar la recogida de residuos, en el caso hipotético de que los vayamos a incinerar:

- ¿Tendría sentido recoger los residuos por separado?
- En este caso, tal vez sí.
- Pero ¿cuánto tendríamos que clasificarlos?
- En ese caso, se tendría que implementar un sistema de recolección separada para aquellos materiales que no pueden ser quemados por no tener valor energético (vidrio), y/o aquellos que son de interés para proteger la economía, el comercio y/o en aplicación de los principios ambientales.

## compostaje

Una vez analizadas las alternativas que menos valor recuperan, a continuación, analizaremos dos que tratan de maximizar el valor de los residuos sólidos urbanos preparándolos para su reintroducción en los ciclos productivos:

### Reciclaje

### Compostaje

**Estos dos métodos requieren la creación de un sistema de recogida separada** que permite segregar los residuos en la fuente. Esto maximizaría los flujos de material que se reintroducirían en los procesos productivos.

- Pero, ¿qué materiales debemos priorizar?
- Visto externamente, si nos hicieran esta pregunta diríamos: ¡De lo que haya más!

La cantidad es un elemento decisivo por su impacto en el coste. Es más barato, por unidad, moverse mucho que poco (un autobús es más eficiente si lleva más personas).

## Concepto de coste al hablar de economía circular

Hemos dicho que tiene sentido priorizar el flujo con una cantidad mayor...

- Pero no estamos hablando solo de cantidad, tenemos que considerar su potencial, como decíamos antes. Tenemos que priorizar aquellas que puedan sustituir a las materias primas vírgenes ofreciendo las mismas características a un menor coste.

Respecto a este último aspecto, es importante entender el concepto de coste. Si bien el coste en el sistema de producción actual tiende a simplificarse como el coste económico, hay otros componentes que deben pesar en esta decisión: coste ambiental, coste reputacional, etc.

Para entender mejor este concepto mira el siguiente video de la Fundación Ellen MacArthur

<https://youtu.be/aGrcUOTPhuI>

Fuente: Canal de Ellen MacArthur en youtube

- eso también debe ser evaluado por las empresas.

Para impulsar este cambio, las instituciones europeas, como veremos más adelante en este programa, están implementando nuevos desarrollos legislativos para mejorar la competitividad de los materiales reciclados, como tasas mínimas de reintroducción de material reciclado en nuevos productos e impuestos por tonelada sobre materiales vírgenes.

## Compostaje

**La principal diferencia a la hora de decidir si compostar o reciclar es si los residuos son orgánicos o inorgánicos.**

En el caso de los primeros, optaremos por el compostaje, mientras que, si queremos maximizar el valor de los residuos inorgánicos, optaremos por el reciclaje.

Compostaje:

La materia orgánica, que es el tipo de residuo doméstico más frecuente, tiene una ventaja a la hora de procesarla, es que es biodegradable, y sabemos desde hace muchos años cómo minimizar su impacto. Es simple, y solo toma unos meses para que sus cadenas orgánicas se degraden a gas: metano (podemos usar su energía) y la cantidad de CO<sub>2</sub> que tomó durante su vida útil. **Además, la recogida de residuos orgánicos a través del contenedor marrón antes de enero de 2024 es una exigencia "inevitable e ineludible" de la Unión Europea para todos sus estados miembros.**

Hay un [informe muy completo de la Agencia Europea de Medio Ambiente](#) sobre los desafíos y oportunidades que representan los biorresiduos.

En la actualidad, **Estos hechos están dando lugar a la aparición de una gran cantidad de nuevos residuos compostables**, no solo la materia orgánica con la que todos estamos familiarizados (residuos de comida, posos de café, etc.), sino también **envases elaborados con bioplásticos compostables, como bolsas de fécula de patata o artículos de servicio alimentario de un solo uso elaborados con caña de azúcar.**

Estos residuos deberán ser debidamente separados por el usuario y depositados en el contenedor destinado a materia orgánica para su correcto compostaje. Hasta ahora, al no ser obligatorio, gran parte de este material se desechaba con la fracción "resto", donde podía entrar en contacto con residuos peligrosos que impidieran su valorización.

## Reciclaje

Definición:

Primero, debemos entender qué es el reciclaje: podemos definirlo como un proceso cuyo objetivo es convertir los desechos en nuevos productos o materia prima para su uso posterior.

**Es importante entender el reciclaje como una de las alternativas dentro de la jerarquía de residuos cuando un producto llega al final de su vida.**

Conoce más sobre este concepto en [https://ec.europa.eu/environment/green-growth/waste-prevention-and-management/index\\_en.htm](https://ec.europa.eu/environment/green-growth/waste-prevention-and-management/index_en.htm) y asócialo con las alternativas que hemos estado discutiendo.

Pero en cuanto a este programa, hablaremos de **gestionar los residuos que ya se han generado**, y cómo volver a convertirlo en materia prima.

En la próxima lección vamos a analizar algunas de las características más importantes de los diferentes flujos de materiales que se encuentran en los residuos sólidos urbanos.

¡Gracias por tu atención! 🙏

## Gestión de Residuos - Flujos de Materiales en Residuos Sólidos Municipales

### Flujos de Materiales en Residuos Sólidos Municipales – Introducción

Durante esta lección vamos a analizar algunas de las características más importantes de los diferentes flujos de materiales que se encuentran en los residuos sólidos urbanos.

Analizaremos:

- papel y cartón
- Vidrio
- Orgánico
- Embalaje ligero

## papel y cartón

### Características:

- Se pueden recolectar juntos porque comparten el mismo destino: convertirse en pulpa para ser reutilizada en la industria papelera.
- Es un conglomerado de materiales con una densidad de 50 a 100 kg/m<sup>3</sup> (en contenedor).
- Para lograr esta densidad, los envases deben diseñarse con pequeñas aberturas que obliguen a doblar el cartón antes de depositarlo. Esto aumenta la densidad y hace que la recolección sea más eficiente.
- Este tipo de residuo no desprende olores, por lo que se puede retrasar su recogida hasta llenar el contenedor.

### Cómo se genera:

- La producción doméstica oscila entre 15 y 25 kg por habitante y año en España.
- Comercialmente: alta producción, uso generalizado en envases. Debido al volumen que ocupa, su almacenamiento es problemático, y si el volumen de producción no es lo suficientemente alto como para justificar un procesador de desechos (pequeña empresa), generalmente termina en los desechos domésticos.
- Administraciones: Generadores de grandes volúmenes de papel como consecuencia de procesos administrativos. Este es un desperdicio valioso, pero conlleva un riesgo: la información confidencial que puede contener y la necesidad de destruirla según el RGPD.

## Vidrio

### Características:

- Este residuo es 100% reciclable. Es muy pesado y no se degrada ni se quema, por lo que ocupa su volumen en el campo para la eternidad (como otros materiales inertes), o se recicla y se utiliza como materia prima en las fábricas de vidrio.
- Es un conglomerado de materiales con una **densidad de 150 a 250 kg/m<sup>3</sup>** (en contenedor).
- Cuando se vierte el contenedor en el camión, se rompe el vidrio, lo que tiene un resultado positivo: se transporta más peso en el mismo espacio. Sin embargo, genera mucho ruido, por lo que **los horarios de recogida deben ajustarse para no molestar al público en los momentos de descanso.**
- Existe otra opción para la gestión de residuos de vidrio que se basa en un sistema cerrado en el que el usuario devuelve el contenedor vacío a un punto específico. Este sistema permite

reutilizar

determinados envases sin necesidad de fundirlos, pero plantea importantes retos, como la logística inversa o el control de calidad de los residuos.

- Al igual que el papel, el vidrio es un tipo de residuo que no desprende olores, por lo que se puede retrasar la recogida hasta llenar el contenedor. **También es preferible aumentar el número de contenedores, reduciendo así la frecuencia de recogida y optimizando el coste.**

Cómo se genera:

-La **Producción doméstica** oscila entre 5 y 10 kg por habitante y año en España.

-**Hospitalidad:** muy alta producción. Este tipo de residuos también son difíciles de almacenar, por lo que es recomendable facilitar al propietario los medios para depositarlos correctamente. El uso de contenedores de almacenamiento con ruedas es una buena alternativa para facilitar el transporte a contenedores en la vía pública.

## Orgánico

Características:

- La materia orgánica, que es el tipo de residuo doméstico más frecuente, tiene una ventaja a la hora de procesarla, es que es biodegradable, y sabemos desde hace muchos años cómo minimizar su impacto.

- Es un conglomerado de materiales con una densidad superior a 200 kg/m<sup>3</sup> (en contenedor).

- Es un residuo que fermenta y desprende un olor que hace importante tener una alta frecuencia de recolección.

- Es simple, y solo toma unos meses para que sus cadenas orgánicas se degraden a gas: metano (podemos usar su energía) y la cantidad de CO<sub>2</sub> que tomó durante su vida útil.

Cómo se genera:

- La producción doméstica oscila entre 50 y 100 kg por habitante y año en España.

## Embalaje ligero

Características:

- Se pueden recoger juntos porque luego se separan en una planta de selección.
- Es un conglomerado de materiales plásticos, metálicos y cartones para bebidas y otros usos, con una densidad de 20 a 30 kg/m<sup>3</sup>. (En contenedor) (muy ligero).

**Esperamos recoger entre 5 y 20 kg** por habitante por año, con cantidades diferentes según el sistema utilizado para distribuir los contenedores.

- Este contenedor, porque se le pide al público que recicle varios materiales y porque su finalidad es “reciclar”, puede llevar a pensar erróneamente que todos los residuos reciclables deben ser depositados en él. Pero este no es el caso. Por un lado, por el funcionamiento de las plantas de clasificación de envases. No todo lo que la gente piensa que es reciclable se puede reciclar, por ejemplo, un bolso de mano.

Y por otro, por razones de eficiencia económica. ¿Por qué enviar papel a una planta, donde algún empleado tiene que separarlo de los residuos restantes (coste), cuando puede colocarlo en su contenedor adecuado y enviarlo directamente a reciclaje (más barato = más eficiente)?

- Para evitar este problema, los contenedores deben diseñarse con pequeñas aberturas que desincentiven el depósito de residuos distintos de los envases.
- Este tipo de residuo no desprende olores, por lo que se puede retrasar su recogida hasta llenar el contenedor.

Cómo se genera:

- **Voluntariamente por individuos, de 3 a 15 kg** por habitante por año.
- Del sector de la hostelería: producción muy alta, además es un tipo de residuo que ocupa mucho volumen, gran potencial para mejorar su tratamiento.

## Embalaje ligero

Una simple mirada a nuestra basura muestra cuántos contenedores vacíos hay en ella. Latas de conservas o bebidas, botellas de agua o refrescos, cartones de leche o zumo y bolsas de plástico de un solo uso que sólo sirven para un breve periodo de tiempo.

Este elemento es relativamente nuevo en nuestra papelería y aparece cada vez más. El objetivo no es estigmatizar el embalaje ligero. Lo necesitamos para disfrutar de la calidad de vida que esperamos. Es conveniente abrir el refrigerador y encontrar queso, leche, huevos, carnes y más. Este envase hace posible todo eso y es un elemento esencial en el proceso. El punto es usarlo de una manera que no dañe nuestro medio ambiente. Y eso requiere reciclar.

incluidos?

¿Qué materiales están

- **Plásticos:**
  - HDPE y LDPE (Polietileno de alta y baja densidad).
  - PET (tereftalato de polietileno)
  - PVC, en cantidades decrecientes.
  - Polipropileno.
  - Poliestireno
- **Metales:**
  - Acero
  - Aluminio
- **Envases de cartón o Brik para alimentos y bebidas.**
- **Madera y otros.**

## Embalaje ligero - Especificaciones

Estos materiales se reciclan o reintroducen en la cadena de consumo por separado: del polietileno se extrae el polietileno y del PET se extrae el PET, **pero nada útil se obtiene de una mezcla de los dos.**

El hecho de que se trate de muchos materiales complica la opción de recogida selectiva, porque **requeriría tener al menos 7 contenedores diferentes** y clasificar el plástico en casa en al menos 7 bolsas, más bolsas para papel, vidrio y demás basura.

- ¿Sería beneficioso entonces separar cada uno de estos flujos por separado?

- **Obviamente, no hay hogar o familia que haga esto si se puede evitar.**

Mientras la clasificación por parte del público siga siendo opcional, no es fácil argumentar que complicar las cosas agilizará el problema.

Para maximizar el reciclaje, se ha implementado un paso intermedio entre el consumidor final o destinatario del material, la empresa que fabrica grana o escamas para plásticos y el productor del residuo, ciudadano o consumidor: **la planta de clasificación.**

**Una planta de clasificación es una instalación donde los materiales recolectados se separan en fracciones antes de enviarlos a reciclar.**

La puesta en marcha de estas instalaciones permite contar con la colaboración ciudadana **reduciendo el número de bolsas en casa y contenedores en la calle**. Veremos con más detalle cómo funcionan estas instalaciones en la última sección del módulo.

### Envases Ligeros - ¿Qué hay que depositar?

Esta fracción debe contener **todos los embalajes excepto los hechos de cartón**, que deben ir en el contenedor de papel, y **vidrio**, que también tiene su correspondiente contenedor.

**El resultado son materiales clasificados que están libres total o parcialmente de otras impurezas o materiales que no pueden clasificarse ni reciclarse, en cantidades suficientes para su clasificación y entrega a los recicladores.**

Este sistema, en el que se ponen a disposición contenedores específicos para depositar estos materiales, que luego son recogidos y transportados a una planta de clasificación, **no se financia con la venta de los materiales recuperados**; por lo tanto, en aplicación de un principio de protección ambiental, **su financiación ha sido trasladada al consumidor a través de Sistemas Integrados de Gestión**.

Las próximas tareas estarán relacionadas con los Sistemas de Gestión Integrada.

## 1.2.2 Recogida de residuos

### Un desafío logístico

#### Introducción

Hemos visto los residuos sólidos municipales más comunes, sus características y factores relacionados.

Si todo lo que recojo va a terminar en un vertedero o en una instalación de recuperación de energía, es decir, si simplemente voy a enterrarlo o quemarlo, o no hay mercado para los

**materiales**

recuperados, entonces no tiene sentido separarlo, lo que significa que no me molestaré con recogidas separadas.

A menos que la ley me exija proteger el entorno público.

Ya sea porque tengo un mercado y estoy interesado en la recuperación, o porque existe una ley que me obliga, como administración, a implementar sistemas de recolección selectiva, **debo elegir qué sistema de contenedor de basura instalar. Ubicación y número.**

**Tipos de estrategias de recogida de residuos.**

Si, como ocurre en Europa, me centro en la valorización de la fracción de envases ligeros, tendré:

|   |  |
|---|--|
| Cerca de los residentes   | agrupados  |
|   | ÁREAS DE DEVOLUCIÓN  |
|   |   |
| Residuos varios   | Embalaje + vidrio + cartón/papel   |
| O RECOGIDA DE PROXIMIDAD  |  |
|  |  |
| Envases + Fracciones<br>misceláneas   | Vidrio + Cartón/papel  |

## ¿Quién decide

### qué sistema implementar?

Estrategias nacionales de residuos que transmitan estrategias de recuperación y reciclaje. El cumplimiento de estas directivas/leyes o estrategias orienta la implementación hacia uno u otro sistema. Si establezco objetivos de recuperación de envases, enfocaré el sistema de recolección en una de las alternativas anteriores.

**¿Cómo se financia?** En el caso europeo, las administraciones locales financian la recogida selectiva a través de sistemas de gestión integrada que, a su vez, impulsan uno de los sistemas centrados en la fracción de envases para alcanzar los objetivos de reciclado.

Cuando aumentan los objetivos de reciclaje de determinados tipos de envases, se establecen estrategias complementarias para aumentar su consumo. Estos pueden incluir el establecimiento de nuevos sistemas de recolección o el uso de nuevas tecnologías implementadas en el conjunto actual de contenedores de basura.

Hay ejemplos, como el proyecto RECICLOS en España que, para cumplir los objetivos de recogida de latas y botellas de plástico para bebidas, premian el compromiso de los ciudadanos. Este proyecto tiene una doble vertiente, una con nuevos elementos de recogida, como las máquinas RECICLOS (RVM), y otra centrada en el uso del smartphone y los actuales contenedores de basura.

Encuentre más información en [www.reciclos.com](http://www.reciclos.com)

Pero cuando nos enfrentamos a tomar la decisión, **hay varios factores que tenemos que tener en cuenta:**

El objetivo final de la recogida selectiva (es decir, por qué molestamos a los vecinos pidiéndoles que tengan varias bolsas en sus casas) **es lograr el menor impacto con la máxima tasa de recuperación.** Por lo tanto, **son las tecnologías disponibles las que determinarán la mejor opción** en cuanto al tratamiento de residuos.

**Los materiales de la recogida selectiva de envases clasificados en casa arrojan tasas de recuperación más altas que si no hubieran sido clasificados. Cuanto menos material pase por la cinta clasificadora y más puro sea, más se recuperará, como en una instalación minera.**

En cualquier caso, es una decisión política. Cuantas más fracciones separemos, más caro será recogerlas, naturalmente.

## Elección del sistema. Un problema de territorio y coste

Una vez que se elige un sistema, la solución debe abordar los siguientes criterios:

- Facilitar el acceso de mis clientes al servicio. (Puerta a puerta o en paradas o puntos de entrega, al igual que la distribución de mercancías)
- Establecer un sistema de recogida que minimice los costes.
- Satisfacer los criterios de calidad del transporte. Es decir, elegir entre tener un autobús que venga inmediatamente por cada dos ciudadanos, o esperar uno cada dos horas para que esté lleno y cueste menos. Es una función de equilibrar servicio y coste, un problema común y generalizado en la actividad pública.

## Factores limitantes

Un sistema de recolección de basura es lo mismo que un sistema de entrega de correo o suministro de bebidas, o cualquier otro sistema.

En primer lugar, **debo brindar el servicio a todos los usuarios**, siempre basado en la relación calidad-precio. (Lo importante es el servicio).

Trataré de comprar camiones lo suficientemente grandes para transportar la mayor cantidad de residuos posible, dentro de las limitaciones impuestas por mi sistema de transporte (tamaño del vehículo, horarios, etc.). Compactación siempre que sea posible.

Mis **limitaciones implican la capacidad de carga** (vehículo) **y tiempo** (operador). Ambas cosas **limitan la utilización y definen mis necesidades**.

Volviendo al ejemplo del autobús, si el coste del conductor es el mismo tanto si transporta 10 personas como si transporta 50, ¿por qué no hay autobuses de 250 plazas?

Las distintas normas de circulación limitan el tamaño máximo de los vehículos que pueden circular por la vía. Esto, junto con las pequeñas calles de algunos barrios y cascos antiguos, limita el tamaño de los vehículos de recogida.

## ¿Cómo se equipa un camión para la recogida de residuos?

Estos vehículos están diseñados específicamente para recolectar y transportar residuos sólidos. En general, cuentan con un sistema de compactación para optimizar el peso transportado, ya que la capacidad del camión en términos de masa es mayor a la que ocupan los residuos sin compactar.

Tiene una caja cerrada reforzada para evitar que se doble bajo la fuerza de la carga compactada, de ahí esos travesaños verticales que suele tener.

La capacidad de carga depende de la caja que coloquemos sobre la carrocería. Es interesante notar que el coste del sistema de compactación es básicamente el mismo si la caja es de 15 o 18 m<sup>3</sup>. Si el chasis también es el mismo, la única diferencia de coste al instalar una caja de 15 o 18 m<sup>3</sup> serán unos pocos centímetros de chapa, ya que la parte cara es común a ambos camiones. Por lo tanto, es prudente al dimensionar la caja que sea lo más grande posible para el tamaño del chasis.

En este video puedes encontrar un ejemplo de cómo se hace un camión de reciclaje:

<https://youtu.be/dRAnI4FnwPI>

## Criterios de recogida II

Volviendo a los criterios que marcamos:

**¿Cómo podemos facilitar a nuestros clientes el uso del servicio minimizando costos y asegurando la calidad del sistema?**

Si continuamos con la analogía del servicio de autobús:

Lo ideal sería que un autobús te recogiera donde estás y te llevara a donde tú quieras, pero eso es un taxi, no un autobús. Un "taxi" no sería económicamente viable para la recogida de residuos.

La segunda opción es una línea regular. Un autobús hace el **mismo viaje de ida y vuelta** y se detiene en su camino para recoger a todos los que **lo piden y los deja salir**, dentro de la ruta, donde quieran. Como servicio, funciona. El único inconveniente es que alguien que **va al fin de la línea** no sabe cuándo llegará, ya que depende de cuantas personas **suban y bajen** por el camino. El servicio es bueno para algunos y malo **para otros**.

Tendemos a estar apurados y queremos saber -más o menos- cuándo llegaremos a alguna parte, por eso el **sistema de parada de autobús** ha sido desarrollado. **Puntos de recogida** para la gente. En otras palabras, alguien que ha pensado en este problema nos da **la solución**. "**PUNTOS DE RECOGIDA**".

## Criterios de recogida III

Con los residuos ocurre lo mismo: se ha desarrollado una serie de puntos de recogida donde los vecinos sabemos que podemos depositar nuestros residuos y que serán recogidos cada cierto tiempo, evitando así las molestias que genera.

**¿Por qué nos hemos decantado por este tipo de modelo?**

- Permite depósitos en cualquier momento (la producción es continua en el tiempo).
- Al estar cerrado evita cualquier impacto visual.
- Facilita la carga rápida mediante medios mecánicos

Ahora que hemos visto los beneficios de un sistema de punto de recogida usando contenedores de basura, queda por tomar una decisión fundamental: **El tipo de contenedor de basura**.

**Para la mayoría de las fracciones de residuos, la respuesta es "lo más grande posible"**, especialmente para fracciones como los envases ligeros, que no crean problemas de olores. **Pero, ¿por qué priorizar el tamaño?** Principalmente porque, **como vimos en los factores limitantes, mis limitaciones operativas implican capacidad de carga** (m<sup>3</sup> de camión cuando está lleno no sirve de mucho hasta que lo vacío) **y tiempo** (día de trabajo de los operadores).

Desde este punto de vista, es preferible tener un contenedor de 3.200 l en lugar de cuatro contenedores de 800 l porque recogeré los mismos residuos en una cuarta parte del tiempo.

Sin embargo, cuando la recogida es muy limitada, es más económico llenar hasta la mitad un contenedor de 800 l que tener un contenedor de 3200 l casi vacío.

# Dimensionamiento del sistema

## Introducción

Al seleccionar qué contenedores de basura instalar, hay otros factores a considerar además del tamaño. Tengo que analizar:

- ¿Qué tipo de sólido quiero transportar? Purulentos, grandes, pequeños, de qué forma, cilíndricos, esféricos, largos, altos, etc.
- ¿Cómo me llega? En cajas, a granel, en sacos grandes o en bolsas.
- ¿Cuánto hay ahí? Una caja o 200, una tonelada o 1.000 toneladas
- ¿De dónde? De un montón en un almacén... de varios almacenes.
- Y que hay en el mercado para solucionarlo, tipos de camiones, bolsas, sistemas de carga, etc.

**Tengo que establecer un nivel de seguridad o servicio**, es decir, no le puedo decir a mi cliente que no le traigo otro kilo de mercadería porque no cabe.

Como resultado, tengo que:

1. Conocer el tipo de residuo.
2. Identificar a mis "clientes". (ZONIFICACIÓN)
3. Identificar la producción. (MONTOS)
4. Conocer el entorno, (CRITERIO TÉCNICO) difícil de cuantificar con parámetros objetivos.
5. Tener márgenes de seguridad (SOBREDIMENSIONAMIENTO)
6. Criterios de servicio. (DISTANCIA).

## 1. Conoce el tipo de residuo

Ya hemos visto el primer punto. **Cómo son los residuos sólidos agrupados** (fracción miscelánea o fracción de Residuos Sólidos Urbanos) **y separados**.

**Hemos visto su densidad y la cantidad esperada**, es decir, conocemos la extensión general del problema.

La distribución de estos contenedores en el suelo ha de tener en cuenta la **distribución no homogénea de la población**. Las ciudades cuentan con zonas de grandes edificaciones junto a comercios, viviendas unifamiliares de lujo y viviendas precarias, zonas de ocio y parques con zonas de uso administrativo.

**En otras palabras, los basureros deben estar ubicados donde se necesitan, es decir, donde se producen los residuos.**

Pero no son solo los factores técnicos los que determinan el tamaño del servicio; hay un factor fundamental, a saber, **SENTIDO COMÚN**.

#### **Déjame explicar:**

No voy a poner contenedores de basura en la puerta de la catedral, ni en las callejuelas del casco antiguo donde no caben los camiones, ni afuera de una comisaría, no sea que a alguien se le ocurra poner una bomba ahí.

**Cuando eres responsable del servicio, no puedes hacer ciertas cosas sobre el terreno que puedes hacer sobre el papel.**

## **2. Identificación de mis clientes – Zonificación**

Decir que los habitantes de una ciudad son todos iguales en cuanto a producción y aporte de residuos es una simplificación más o menos válida en su conjunto, pero no dará las soluciones más prácticas, y el sistema tendrá que pasar por una serie de ajustes a lo largo del tiempo.

El desafío es **identificar o dimensionar el número de contenedores de basura necesarios donde se producen los residuos**, es decir, poner más donde más lo necesito y lo más cerca posible de la cantidad que necesito. Si puedo hacer esto, ahorraré dinero de los contribuyentes.

Por ejemplo, Madrid tiene 3,2 millones de habitantes organizados en 21 distritos administrativos, que a su vez se dividen en barrios.

**Cuanto más me acerque, mejor veré el problema.**

En este caso, no es lo mismo el distrito central con su tráfico turístico y comercial y calles antiguas y estrechas que los distritos exteriores, que tienen más viviendas y menos actividad comercial y administrativa.

Si puedo analizar las necesidades de cada distrito, o incluso cada barrio, por separado, y si también sé o al menos puedo adivinar o intuir cómo esta distribución urbana afecta la producción de residuos, mi sistema tendrá un tamaño más apropiado que si sólo miro el panorama general.

Esto explica la necesidad de analizar, si el tamaño lo requiere, la distribución de la población y asignar la producción de residuos por zonas más o menos uniformes, identificables y diferenciables.

La siguiente imagen forma parte del proyecto RECICLOS, como podéis ver la distribución de los contenedores amarillos en Santiago de Compostela es diferente dependiendo de las características de cada barrio.

### 3. Identificación de la producción – Ponderación

Una vez que nos damos cuenta de que hay diferentes tipos de áreas en cuanto a cómo se generan los residuos en un municipio, entonces tenemos que tratar de afinar lo más posible el porcentaje que cada área contribuye a esa generación de residuos.

En primer lugar, tenemos que determinar si **la producción de la población de esa zona está por encima o por debajo de la media**. Para ello, tenemos que fijarnos en factores como el nivel económico o su uso comercial:

**Los residuos en áreas comerciales** se espera que provengan de comercios registrados y de quienes acuden allí para disfrutar de las vistas, la gastronomía o quienes trabajan o estudian allí. Por lo tanto, es razonable pensar que el número de personas que ingresan diariamente a esta zona supera el número de sus residentes que salen a trabajar a otras partes de la ciudad, **lo que significa que tendrá más basura**.

**No hay datos buenos o malos, la ponderación depende de la experiencia y el Sentido Común del planificador que la aplica.** Es lógico pensar que los lugares utilizados mayoritariamente para dormir generan poca basura. También es lógico pensar que los establecimientos comerciales tiran una gran cantidad de envases. Así, la basura es producida tanto por los residentes como por los visitantes, siendo estos últimos de menor densidad.

Pero nosotros **no podemos asumir** que la asignación de los contenedores de basura de esta manera resultará en que **se llenen a la misma velocidad o uniformemente**, lo que significa que **se necesita un mayor volumen instalado para manejar los picos de tráfico**.

## 4. Criterio

### técnico

Para **dimensionar el volumen necesario** para resolver el problema parece razonable **no considerar un día promedio, sino los días de mayor producción.**

**Tengo que añadir un margen de seguridad a mis cálculos** que me permita manejar aumentos repentinos en la producción debido al aumento del consumo, los días pico, etc. Porque no todos los contenedores de basura estarán llenos cuando vaya a recogerlos. Unos estarán más llenos que otros, aunque estén en la misma zona, por razones objetivas que se desconocen cuando se dimensiona el sistema.

Es fundamental, por tanto, **realizar un adecuado análisis y estudio de los datos que tenga en cuenta la experiencia previa.**

**Por ejemplo, es más probable que use un contenedor de basura si está en la ruta que uso para llevar a los niños a la escuela, si está cerca de donde estacioné el coche, si está cuesta abajo, etc.**

Podría tener dos contenedores de basura que proporcionen suficiente volumen, pero uno lleno o desbordado y el otro medio vacío. Es por estas razones inesperadas o no cuantificables que contienen diferentes cantidades de basura.

**Para paliar estos puntos, debo poner a disposición un volumen mayor del estrictamente necesario.**

## 5. Sobredimensionamiento

El margen de seguridad también puede determinarse por razones objetivas sobre el terreno. **Colocaré más contenedores de basura donde tengan un mayor impacto en la ciudad si se desbordan.**

No es lo mismo un basurero desbordado en el centro que en las afueras. Puede que no parezca correcto, pero es así.

Existe otro margen de seguridad relacionado con la distancia entre los residentes y el contenedor de basura. Si la densidad de población es baja, necesitaré más contenedores de basura para que estén relativamente cerca de los residentes. Esto está determinado por la

densidad de población: **una pequeña población en un gran territorio me obligará a instalar más contenedores de basura de los estrictamente necesarios.**

Esta asignación es teórica, basada en criterios técnicos de difícil definición y cuantificación. **Un buen planificador es aquel que tiene "buen olfato" para analizar estas condiciones.** El sistema de contenedores que propongo no será perfecto y necesitará ajustes, pero estos serán menores. **Lo importante es implementar indicadores, métricas y sistemas de ajuste para poder afinarlo.**

Más adelante, veremos una entrevista sobre cómo las nuevas tecnologías pueden ayudarnos a implementar mejores métricas y análisis de datos para la gestión de residuos.

## 6. Criterio de servicio - Distancia

¿Es mucho caminar 3 minutos de ida y vuelta desde mi puerta hasta el contenedor de basura? Bueno, dependerá. Para muchas personas lo es y para muchas otras no.

-Si la alternativa es tener mi calle llena de basura...

- Y si también me pueden multar por dejarlo en la calle...

En todo caso, **es una cuestión de equilibrio económico.** Para grupos de personas que viven cerca unas de otras, edificios grandes con más de 5 pisos, estará más cerca, y para áreas aisladas, es posible que tenga que ir hasta 150 m. **No existe una fórmula única para todos los casos. En otras palabras, la distancia máxima de un basurero a un residente es inferior a 75 metros en entornos urbanos y alrededor de 150 metros en entornos más abiertos o rurales.**

## Transporte de residuos

### Tecnologías de recolección disponibles

**Camiones especialmente adaptados** se utilizan para la recogida de residuos cuando se utiliza un sistema de puntos de recogida.

Estos camiones recolectores suelen combinar dos tecnologías clave para agilizar el modelo de gestión de residuos:

- Tecnologías de carga (buscando minimizar el tiempo requerido)
- Tecnologías de compactación (buscando maximizar la carga)

Sin embargo, tienen que lidiar con una serie de limitaciones físicas y legales:

- Los físicos tienen que ver con el espacio necesario para recolectar basura en entornos urbanos.
- Las legales implican cumplir con los requisitos de las leyes de tránsito, ya que este trabajo se realizará en la vía pública.

### **¿Dónde se pueden comprar estos camiones? ¿Puedo comprarme uno para ir de camping?**

**Los fabricantes de camiones solo venden el chasis.** Son los CARROCERÍAS DE CAMIONES quienes les ponen cosas encima. El que use dependerá de lo que quiera.

En España, una empresa instala cajas de carga, ROS ROCA / (Normalmente, en Francia (SEMAT) o (SITA), en Italia (FARID, OMB), en Holanda (GEESING), en SUECIA (NORBA)), entregamos el camión después de confirmar que la caja que venden se puede instalar en el camión, e instalan todo lo que se necesita. Luego, el camión es aprobado por el gobierno y puede usarse para recolectar basura.

El gobierno los homologa para su uso a través de la inspección técnica a la que estos vehículos deben someterse cada año. También se requiere un proyecto de ingeniería que debe ser visado o aprobado, y que especifica básicamente la distribución del peso por eje, lleno y vacío, de manera que su rango se encuentra entre los valores aceptados en función de las características del chasis, frenos, etc.

## Tecnologías de

### camiones

Ya hemos visto el primer punto. Principales características de los camiones recolectores, pero antes de detallar cada modelo principal, describiremos dos tecnologías comunes. Para ello utilizaremos el sistema de carga más sencillo, el compuesto por un chasis + una caja.

Capacidad de carga:

Este ejemplo está compuesto por un camión equipado con una caja tan grande como lo permitan las dimensiones del camión, en la que se puede depositar la basura.

Se utiliza para recoger muebles y otros elementos (de 6 a 8 toneladas), cajas de 12 a 14 m<sup>3</sup>.

Este sistema tiene un problema: como hemos visto muchas veces, la basura tiene una densidad baja, y esto desperdicia parte de la capacidad de carga del camión.

¿Cómo resolvemos esto? Podemos mirar a Japón, que siempre ha sido líder en términos de tecnología de punta.

La compactación es una técnica que nos permitirá reducir la cantidad de espacio vacío.

Compactación en camiones:

Se han desarrollado tecnologías que “comprimen” los residuos mediante el uso de cilindros hidráulicos para que ocupen menos volumen, optimizando así la capacidad de carga de los camiones y reduciendo los costes de recogida.

**La relación de compactación por volumen lograda es de 5 a 1.** Una relación de 5 a 1 significa que 5 m<sup>3</sup> en un contenedor de basura se pueden comprimir a sólo 1 en la caja del camión, pasando de 120 kg/m<sup>3</sup> a 600 kg/m<sup>3</sup> en un camión.

Si la capacidad de carga máxima es de 12.500 kg y la caja más grande es de 25 m<sup>3</sup>, esto da  $12.500/25 = 500$  kg/m<sup>3</sup>.

## Tipos de sistemas de

### carga de camiones

Las próximas páginas se centrarán en diferentes tipos de sistemas de carga de camiones. Habrá 5 grupos principales y los dos últimos estarán compuestos por los sistemas menos comunes, pero no menos interesantes.

Principales tipos de sistemas de carga de camiones:

- A través de la parte superior. Con una grúa. carga superior
- En el lado. Carga lateral.
- Por la parte trasera. Carga trasera.
- Otros tipos menos comunes
- **Recogida neumática**

### Sistemas de carga trasera

Características:

- **Los operadores llevan el contenedor de basura al camión**, lo colocan debajo del elevador y accionan el sistema de elevación y descarga.
- A pesar de las medidas de seguridad, la proximidad de los trabajadores a los mecanismos de elevación puede resultar peligrosa.
- Entre otras cosas, se recomienda para lugares donde sólo se necesita un camión.
- Lo mejor de este sistema es que son los operarios los que cargan los residuos acercando el contenedor. Si hay algún desperdicio afuera, lo ponen adentro. Si alguien ha dejado un somier de colchón o un cochecito de bebé, lo puede poner. Los sistemas automáticos no permiten esta opción.

| Aspectos clave  |  |
|---|--|
| Versatilidad. Puedo cargar cualquier cosa, ya que el proceso es manual. | Las regulaciones para los operadores de transporte perjudicarán el tiempo de recolección. Si el operador tiene que subir a la cabina entre paradas |

|  |  |
|--|--|
| Fácil sustitución, es un sistema muy habitual. | Alto coste de mano de obra. 3 operadores por camión. |
|--|--|

## Sistemas de carga lateral

### Características

**El colector está equipado con dos cámaras de video**, una en la parte superior (enfocado en el contenedor de basura en el punto de inclinación) y otro en el costado, mirando hacia el costado del vehículo de recolección. En la cabina del conductor hay un sistema de control por computadora y un monitor.

En este vídeo podéis ver cómo funciona (con una banda sonora épica...):

<https://youtu.be/zbdQDFLwL9U>

Fuente: canal Econovo en youtube

**Tiene un costo de inversión más alto que un camión de carga trasera**, y solo sería factible al recolectar mucha basura. Como en el caso anterior, la tecnología es la misma independientemente del tamaño de la caja, y **es una tecnología costosa** (cámaras de televisión, sensores, etc.), **lo que significa que se instala la caja más grande posible**.

No pondré sistemas de carga lateral para poblaciones de menos de 20.000 habitantes, más o menos lo que se puede recoger con un solo camión. ¿Por qué?

El sistema mínimo de carga lateral es de dos camiones, que es para unos 40.000 habitantes, porque si uno de ellos se estropea, el otro se puede utilizar en otro turno, es decir, en dos turnos diarios, mientras se repara el primero. **Si sólo tengo uno y se estropea, no hay sistema de respaldo más que otro camión de carga lateral**.

Dado el pequeño tamaño del municipio, es posible que no haya otros camiones de carga lateral en las áreas cercanas que puedan ayudarme.

### Problema

**Los residuos tienen que estar dentro del contenedor de basura.**

¿Qué pasa si hay basura afuera?  
**Necesitamos equipos de "limpieza".** Un operario con vehículo recorre las rutas de recolección al frente de los camiones, retirando la basura que queda afuera, o apoyado en el basurero.

| Aspectos clave                             |   |
|--|---|
| Carga automática. Sin manipulación manual. | Contenedores de basura ubicados a la derecha del camión.      |
| Necesita equipo de LIMPIEZA.               | Alta inversión, pero compensada por menores costes laborales. |

## Sistemas de carga superior

Características  
 camión de carga superior

- Los operarios enganchan la grúa al contenedor de basura, la elevan sobre la caja y abren la tapa inferior con un cabrestante para que la basura caiga por gravedad.
- Este sistema está destinado a grandes volúmenes y pesos. Es decir, residuos que se pueden recoger.
- **El cabrestante es un sistema de doble gancho**, uno mantiene el contenedor de basura en posición vertical y el otro se levanta para abrir la base del contenedor de basura y vaciarlo.
- El criterio de diseño es: La caja es lo más grande posible. ¿Y qué grúa uso?
- Los criterios a la hora de pedir una grúa a un fabricante son cuántos kilos quiero levantar y hasta dónde.

| Aspectos clave |
|----------------|
|----------------|

|  |   |
|--|---|
| Para cargas que permitan apilamiento o almacenaje  | Sin compactación. (Vidrio) papel?<br>Envasado con compactación. |
| Mayor tiempo de ciclo que otros sistemas debido a su sistema de carga, es decir, menos basureros por hora. | Con o sin sistemas operativos de grúa remotos                   |

## Otros tipos menos comunes

### Carga frontal:

Poco utilizado, no aporta ventajas comparativas frente a un modelo de carga lateral y dificulta el acceso al contenedor, ya que hay que abordarlo por delante.

### Cajas de dos compartimentos:

**Se utiliza para recoger dos tipos de residuos al mismo tiempo.**

En una gran ciudad, solo tienen sentido evitar tener dos camiones circulando por la misma ruta para recoger diferentes tipos de residuos.

**Tiene más sentido si ninguna caja está llena y cubre largas distancias.** Si recojo 10 m<sup>3</sup> de RSU y 8 de envases y tengo dos camiones, gasto el doble en combustible y operarios que si utilizo esta solución.

Ninguna caja está llena al 100%, tengo que descargar cuando una de las dos cajas está llena.

Dos camiones de cajas de comparación.

### Sistema de satélite primario:

La mayoría de las ciudades europeas tienen cascos antiguos de origen medieval, calles estrechas, donde vive la gente (el centro histórico).

Debido a las calles angostas, balcones, etc., solo los camiones pequeños son lo suficientemente maniobrables para caber.

La planta de tratamiento de residuos o vertedero está, digamos, a unos 20 km, se tarda unos 20 minutos en llenar un camión y 45 en hacer el viaje de ida y vuelta a la planta. ¿Qué debo hacer?

Combine camiones pequeños (satélite) para recolectar la basura en áreas estrechas con camiones grandes (primarios) que reciben los desechos de los pequeños para su transporte.

Sistema de satélite primario

## Recogida neumática

Características:

Existen métodos que no requieren camiones recolectores y que funcionan con una red de tuberías subterráneas que funcionan por succión.

Cada buzón tiene una válvula que permite succionar la basura cuando el contenedor está lleno o en un horario establecido.

Una planta de "succión" regula el sistema.

En la planta, la basura se compacta en un contenedor estático y se transporta en camión a la planta de procesamiento.

**Esta es una inversión importante.** Período de recuperación de 30 a 50 años.

Mira cómo funciona en el siguiente vídeo:

<https://youtu.be/qEkiAugc1GA>

## Plantas de clasificación

### Introducción

En esta lección estudiaremos:

- Aspectos clave
- Materiales
- Procesos

que incluye una planta de selección. Trabajaremos con el modelo español, uno de los más habituales en Europa, pero más adelante veremos el resto de alternativas muy extendidas.

### Modelos de plantas de clasificación en España

Para entender mejor las plantas de selección, en este primer capítulo se explica en detalle una de las normas de los planes de selección (la establecida en España para las 95 instalaciones receptoras de envases ligeros domésticos financiadas por Ecoembes). Además, el capítulo explica las diferencias con otros estándares.

#### Modelo de plantas de selección españolas

**Los residuos tratados en plantas de clasificación de envases ligeros en España se obtienen de la recogida selectiva de contenedores amarillos**, donde los ciudadanos depositan envases ligeros domésticos. Se trata de envases de plástico, metal y briks para alimentos y bebidas. Los contenedores contienen impurezas o material no solicitado que debe separarse de los materiales solicitados durante el proceso de clasificación.

### Materiales solicitados

**Materiales solicitados:**

HDPE (polietileno de

alta densidad)

PET (tereftalato de polietileno)

LDPE (polietileno de baja densidad, generalmente en forma de película)

Fracción plástica mixta compuesta por materiales de PS (poliestireno), PP (polipropileno) y otros plásticos;

También se incluye:

Aluminio

Envases de acero

Briks de bebidas (en adelante BB).

**Materiales no solicitados:**

Cartón

Celulosas

P/C

plásticos de película de baja y alta densidad y otras impurezas como el vidrio

madera

textil

plástico que no es de envases

materia orgánica

otros metales, etc

## Proceso de tratamiento en una planta de clasificación de envases ligeros

Grupos de operaciones:

El proceso de tratamiento en una planta de clasificación de envases ligeros se divide en cuatro grandes grupos de operaciones:

- Recepción y almacenamiento.
- Pretratamiento.
- Clasificación de materiales.

- Controles de

calidad, adecuación de materiales seleccionados y gestión de residuos rechazados.

Estas operaciones variarán dependiendo del nivel de automatización de las plantas de clasificación. Las instalaciones se clasifican en automatizadas o manuales dependiendo de cómo se realice la operación de clasificación de materiales.

## Plantas de clasificación. Diagramas

En esta página se pueden ver dos **diagramas**: uno para el proceso de clasificación automatizado y el segundo para el manual.

# Operaciones de recepción y clasificación de materiales

## Introducción

En esta lección profundizaremos en los dos primeros grupos de operaciones:

- Operaciones de recepción y almacenamiento.
- Operaciones de clasificación de materiales.

Esta lección cubrirá el proceso desde que el empaque ligero llega a la planta de clasificación hasta que se divide en los diferentes flujos de materiales.

## Operaciones de

### recepción y almacenamiento.

#### Balanzas para seguimiento y pesaje de vehículos de recogida:

Los vehículos con residuos de envases recogidos de la calle llegan a la instalación de clasificación pasando por control de acceso y pesaje (balanzas).

Para transportar de manera más eficiente el material recolectado, cuando los vehículos recolectores de la calle deben recorrer grandes distancias desde el lugar de recolección hasta la planta de destino, es conveniente descargar el material en lugares intermedios (estaciones de transferencia) para su compactación y posterior transporte en contenedores más grandes, si es posible y esas instalaciones existen.

En este caso, el material que llega a la planta tiene una densidad mayor, lo que debe tenerse en cuenta a la hora de dimensionar la capacidad de tratamiento de la instalación.

## Operaciones de recepción y almacenamiento II

#### Zona de descarga de residuos transportados:

Una vez pesados los vehículos e identificado su origen y horario, son conducidos a la zona cubierta de recepción donde se descargan los residuos transportados en la zona o lugar indicado por el operador de descarga y alimentación.

#### Posicionamiento y apilamiento de residuos descargados:

La pala cargadora apila verticalmente los residuos descargados, optimizando la superficie disponible para el almacenamiento previo al tratamiento. Este proceso puede incluir varios componentes de residuos voluminosos con tamaños o formas (como en colchones, paquetes grandes, bicicletas, etc.) que dificultan el trabajo y pueden afectar el equipo de clasificación a utilizar. Con ayuda de la pala cargadora el operario deberá depositar estos en un contenedor específico situado en esta u otra superficie.

## Operaciones de recepción y almacenamiento III

#### Operaciones de pretratamiento:

**Las operaciones de pretratamiento son aquellas que se realizan una vez almacenado el material y antes de su separación en los diferentes flujos de material.**

Alimentación primaria-dosificación:

Los residuos depositados en la zona de recepción son recogidos con pala cargadora (patio de descarga) o garfio (pozo), trasladados y descargados en el alimentador dosificador con velocidad variable y limitador de caudal, utilizado para controlar el caudal de tratamiento.

Clasificación de residuos voluminosos:

Los residuos de reciclaje regular suministrados por el alimentador se descargan en una cinta transportadora de clasificación de residuos voluminosos, donde los operarios de clasificación seleccionan los materiales que por su tamaño o forma son perjudiciales para los tratamientos posteriores, como láminas de film, cartón, residuos de DEE, etc. **Los materiales voluminosos seleccionados (recuperables y no recuperables) se almacenan en contenedores situados debajo de la cabina de selección para su entrega al reciclador o a la sección de tratamiento de rechazos.**

## Operaciones de recepción y almacenamiento IV

Abridor de bolsas:

Los residuos sin clasificar son descargados por la misma cinta clasificadora en una unidad de apertura de bolsas diseñada para extraer los materiales de las bolsas cuando estén listos para las restantes operaciones de clasificación.

Clasificación en *trommel*:

En muchos casos, los componentes de las bolsas se someten a un proceso de tamizado mediante *trommel* o tamiz giratorio, que clasifica los materiales en tres tamaños:

- Componentes finos con alto contenido en materia orgánica e inerte.
- Componentes intermedios con alto contenido en envases reciclables.
- Componentes grandes o rechazos de tamizado.

## Operaciones de

### recepción y almacenamiento V

#### Clasificación en separador balístico:

El flujo de materiales de tamaño intermedio del *trommel*, si existe, o directamente del abridor de bolsas, si no existe, se somete posteriormente a una clasificación balística según el tamaño, la forma y la densidad, y nuevamente se separa en tres nuevos flujos de materiales:

- **Corriente de material rodante pesado**, formado por la mayor parte del material pesado y/o rodante, principalmente envases para líquidos, envases metálicos y cartón para bebidas. Este cae por la pendiente inclinada del separador balístico.
- **Flujo de materiales planos ligeros**, formados principalmente por cartón, papel, láminas de plástico y otros plásticos de forma plana o aplanada que ascienden por el plano inclinado del separador.
- **Corriente de materiales finos** formado por material fino que no pudo ser tamizado en el *trommel* porque estaba adherido u obstruido por otro material, el cual cae a través de la malla del separador.

La cantidad de material que llegue a cada una de las tres fracciones dependerá de la calidad del material introducido en el equipo. Por ejemplo, en instalaciones con 75-85% de material solicitado en la entrada, la clasificación realizada por un separador balístico es de aproximadamente 80% de material rodante, 15% de material plano liviano y 5% de material fino.

En las instalaciones donde las operaciones de clasificación se realizan manualmente, no se utiliza el separador balístico. El material que llega del *trommel*, si existe, es llevado directamente a la cabina de clasificación, donde los operarios clasifican los materiales solicitados.

## Operaciones de clasificación de materiales.

#### Separación neumática:

El principal objetivo de la separación neumática es eliminar el film y el papel de las corrientes de material plano ligero y en rollo, ya que estos dificultan la segregación de los materiales restantes.

El material seleccionado se somete a un control de calidad manual para separar las impurezas. Posteriormente se almacena para prepararlo para su despacho (compactación).

### **Separación magnética:**

La corriente de material rodante obtenida de la segregación balística se somete a la segregación de materiales magnéticos (acero) mediante separadores sobre la cinta.

Asimismo, la fracción de material fino proveniente del *trommel*, si la planta está equipada con este equipo, y el separador balístico son sometidos a clasificación magnética de material antes de ser enviados a la fracción de desecho rechazada.

## **Operaciones de clasificación de materiales II**

### **Separación óptica:**

El flujo de material rodante que no ha sido seleccionado por aspiración neumática en esta línea ni por el separador magnético se somete a segregación óptica por detectores infrarrojos o colorimétricos para segregar los siguientes materiales solicitados:

- Envases de PET
- Embalaje de HDPE
- Envases de cartón para bebidas
- Envases mixtos de plástico.

Para mejorar el rendimiento y la calidad en la clasificación de estos materiales, la clasificación magnética y neumática debe realizarse antes de la separación óptica.

### **Separación por inducción:**

El flujo de materiales no clasificados por la separación óptica se somete a una clasificación de metales no magnéticos (aluminio) mediante un separador de corrientes de Foucault.

### **Separación manual:**

Los materiales no seleccionados en los flujos de material rodante y plano ligero convergen en una cinta en la que se someten a una clasificación manual. El material restante no seleccionado se envía a la fracción de rechazo.

# Operaciones de control de calidad, adecuación de materiales y residuos rechazados

## Introducción

En esta lección profundizaremos en los siguientes tres grupos de operaciones:

- Control de calidad
- Adaptación de materiales
- Gestión de residuos rechazados

## Control de calidad

### Control de calidad:

Debido a errores que ocurren en los diferentes tipos de equipos, el material de empaque seleccionado contiene impurezas que reducen la pureza del producto final.

Estas impurezas se eliminan mediante clasificación manual. Esta operación se suele realizar tras la clasificación de cada uno de los materiales recuperados (PET, HDPE, envases de bebidas y plásticos mixtos) antes de su almacenamiento en silos para su compactación.

En otras instalaciones, el control de calidad se realiza antes de la compactación, de manera que un solo operario puede realizar la operación.

Las impurezas clasificadas se envían a la corriente de rechazo de la instalación o, si son materiales solicitados, se reciclan a puntos anteriores del proceso para su clasificación.

## Adaptación de materiales

### **Almacenamiento temporal de materiales seleccionados:**

Los materiales seleccionados se depositan en espacios confinados específicos para cada uno (silos de almacenamiento intermedio) a la espera de las operaciones de compactación. Los silos de almacenamiento son compartimentos dimensionados de acuerdo con los siguientes parámetros:

- Densidad aparente de cada material.
- Producción de cada material seleccionado por tanda
- Capacidad horaria de la prensa compactadora.

La extracción de los materiales almacenados en los silos se realiza mediante bases móviles, cintas transportadoras o directamente con una pala cargadora, que los evacúan al alimentador de la prensa de balas situado aguas abajo.

**Si la cantidad seleccionada de algún material es pequeña (por ejemplo, aluminio) la producción se almacena en contenedores auxiliares para su posterior compactación.**

### **Compactación de materiales seleccionados:**

Los materiales almacenados temporalmente en los contenedores se someten posteriormente a operaciones de aumento de densidad mediante prensas de balas, que producen balas con una densidad adecuada para el almacenamiento final y el posterior transporte.

**Una sola prensa de tamaño adecuado puede empacar la salida de todos los materiales seleccionados** (PET, HDPE, láminas, briks para bebidas y plásticos mixtos) excepto metales, y en particular acero, que requieren diferentes tamaños y características de bala, así como prensas específicas.

## Gestión de residuos rechazados

Gestión de residuos rechazados en la instalación:

Todos los rechazos de las instalaciones de clasificación generalmente se concentran en una sola cinta transportadora de salida que los descarga en el punto de evacuación. Ocasionalmente, la corriente de finos se descarga en diferentes puntos de otros desechos rechazados.

Debido a la baja densidad del material de desecho rechazado, es necesario adaptar su volumen para una disposición eficiente en el vertedero. Esto puede implicar varios sistemas alternativos:

- Autocompactadores.
- Compactadores estáticos.
- Prensa de residuos rechazados.
- Contenedores (para instalaciones de bajo volumen).

El transporte de envases con rechazos se realiza mediante vehículos portacontenedores para llevarlos a los sitios de procesamiento (vertedero o [recuperación de energía](#)).

### Diferencias entre plantas

El modelo presentado es un estándar diseñado en España para definir las plantas de selección de envases ligeros.

No todas estas plantas siguen el estándar literalmente; hay diferencias entre ellos. Las operaciones en una planta de clasificación variarán según el nivel de automatización de la planta de clasificación. Encuentra aquí algunas diferencias:

- Existen instalaciones con foso de descarga e instalaciones con patio de descarga como zona de recepción.
- Las líneas de tratamiento con pozo de descarga son alimentadas por garfios.
- Las líneas de tratamiento con patio de descarga son alimentadas por pala cargadora.
- Hay algunas plantas de clasificación con *trommel*.
- **Tamaño de malla del separador balístico** suele variar entre 50 y 70 mm.
- Algunas plantas han incorporado separación óptica para películas.
- Podemos encontrar muchas configuraciones diferentes de cadenas de separadores ópticos.

- La separación por inducción con una intensidad diferente se utiliza para la clasificación de envases de briks para bebidas en algunas plantas.
- El control de calidad de los materiales seleccionados es realizado por un operario, en su mayoría. Sin embargo, podemos encontrar control de calidad con separador óptico

## Diferentes modelos europeos

### Introducción

Según el **Plan de Acción de Economía Circular** la Comisión propondrá armonizar los sistemas de recogida selectiva de residuos en toda Europa. **En el futuro, se armonizarán todos los materiales solicitados, por lo que se debería establecer un modelo de plan de clasificación europeo.** En esta subsección se presentan algunos otros modelos en Europa en cuanto a plantas de selección, en los que los resultados podrían ser extrapolados hasta cierto punto.

**El modelo típico de planta de clasificación en Europa implica varios pasos de clasificación similares, como se presenta en el ejemplo español anterior.** Estos incluyen el deshecho manual y la clasificación por procesos automatizados, la separación según la densidad y el tamaño, y la separación óptica o magnética.

Sin embargo, el proceso exacto puede variar según el comportamiento del consumidor y los sistemas de recolección. por ejemplo, **en los países nórdicos, el comportamiento del consumidor y la disponibilidad del mercado hacen que se utilicen menos envases de cartón para bebidas (TetraPack) que en España, lo que significa que no existe una corriente separada para este tipo de envases.**

El sistema de recaudación utilizado en diferentes países también ha tenido una gran influencia en el desarrollo histórico de los **MRFs**. **Cuando los materiales reciclables se recolectan en flujos separados, esto puede reducir la cantidad de pasos de clasificación necesarios o liberar capacidad para clasificar una mayor cantidad de tipos o grados.** Por otro lado, la recolección mixta de materiales reciclables ahorra recursos al principio, pero requiere un mayor grado de complejidad técnica en los MFRs.

## Principales modelos de recogida aplicables en Europa

En general, existen cuatro modelos de recogida principales aplicables en Europa (Lorenzo et al, 2016):

### **Colección de flujo único:**

todos los materiales reciclables secos (plástico, metal, papel, cartón y, a veces, vidrio) se recolectan juntos. Por ejemplo, este es el principal modelo de recogida en Grecia, Irlanda, Malta y Rumanía.

**Colección de doble flujo:** Las "fibras" (papel y cartón) y las "no fibras" (es decir, plástico, metal y vidrio) se recogen por separado. Este es el principal sistema de recolección en Finlandia y el Reino Unido.

**Colección de flujo único:** cada material se recoge por separado (es decir, papel y cartón, vidrio y envases ligeros) y se trata en un MRF. El modelo español descrito anteriormente encaja en esta categoría.

Este sistema de recogida es el más extendido en Europa, aplicándose en Bélgica, Bulgaria, Croacia, Chipre, Francia, Alemania, Hungría, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Polonia, Portugal, Eslovenia y Suecia.

Además, algunos países separan aún más el flujo de envases livianos en sus partes constituyentes, incluidos Austria, Dinamarca y los Países Bajos.

**Esquema de recolección de Residuos Sólidos Urbanos Mixtos (RSU):** No hay recolección separada de materiales reciclables. Esto conduce a altas tasas de contaminación y la necesidad de un tratamiento intensivo. Si bien la Directiva marco sobre residuos (2008/98/CE) requería la recogida separada de papel, metal, plástico y vidrio de los residuos domésticos para 2015, y un 50 % de preparación para la reutilización y el reciclaje para 2020.

Se identificó que 14 Estados miembros corrían el riesgo de no alcanzar este objetivo. La separación ineficaz de los materiales reciclables se citó como un factor contribuyente en 11 países (Bulgaria, Croacia, Chipre, Estonia, Grecia, Letonia, Malta, Polonia, Portugal, Rumanía y Eslovaquia).

**Sin embargo, en la práctica, el modelo de recolección y clasificación puede variar ampliamente dentro de los países, ya que los poderes de toma de decisiones sobre la selección y operación de los sistemas de recolección de desechos generalmente se encuentran en manos de las autoridades locales.**

## MRF de flujo único

La combinación de flujos de fibras y envases ligeros requiere pasos de clasificación adicionales al ejemplo español detallado anteriormente.

La planta Ford MRF en el Reino Unido es un ejemplo de un MRF avanzado de flujo único. En funcionamiento desde 2009, fue diseñado para procesar 100.000 toneladas anuales de materiales reciclables mezclados, incluido el vidrio, en base a una operación de tres turnos con 13 clasificadores manuales por turno.

**Operaciones de acondicionamiento:** Al momento de la recepción, las bolsas que contienen materiales reciclables mezclados se abren y alimentan a la línea de entrada. El material se transporta a una cabina de clasificación previa, donde los artículos que podrían dañar el equipo, como cartones grandes, metales y láminas de plástico, se retiran manualmente.

A continuación, se realiza un proceso de separación primaria en un tambor de dos secciones, para preconcentrar los materiales y romper el vidrio en pedazos más pequeños. La mayor parte del vidrio se clasifica en la primera sección que separa los "finos" (menos de 75 mm).

La segunda sección separa un flujo mixto de papel y contenedores, que luego se envía a un separador balístico de dos pisos, que separa los elementos 3D (contenedores) de los elementos 2D (papel). Otra corriente de finos también se separa en esta etapa y se une a los finos de la separación primaria. Queda un flujo de desbordamiento de *trommel* o elementos 'sobredimensionados'.

**Operaciones de clasificación de materiales:** De la clasificación inicial descrita anteriormente, surgen cuatro flujos de materiales:

1. **Demasiado grande:** esto debe limpiarse para producir su producto principal (periódicos y revistas) utilizando NIR para eliminar cartón y plástico, seguido de un control de calidad manual. La salida del NIR se divide aún más por un segundo NIR en cartón (que se une al flujo 2D) y plástico (que se procesa utilizando un segundo separador balístico para recuperar los contenedores para el flujo 3D). Cualquier material 2D restante se clasifica como residuo de clasificación.
2. **Corriente 2D:** los componentes ferrosos y no ferrosos se eliminan mediante separación magnética y por corrientes de Foucault. Pasa por un NIR para una limpieza final antes de llegar al control de calidad manual. El material retirado en el NIR se envía al segundo separador balístico para recuperar los contenedores.

3. **Corriente 3D:** los componentes ferrosos y no ferrosos se eliminan mediante separación magnética y por corrientes de Foucault. Pasa por un NIR que retira el cartón y el papel (devuelto a la línea 2D), control de calidad manual, antes de ser aplanado e ingresar al bloque de clasificación de polímero. La clasificación NIR lo divide en PET transparente, PET coloreado, HDPE natural y HDPE coloreado. El sobrante pasa por un clasificador NIR final que elimina los polímeros perdidos, que se recirculan al comienzo de la línea 3D.
4. **Corriente de finos:** Los componentes ferrosos y no ferrosos se eliminan mediante separación magnética y por corrientes de Foucault. A continuación, pasa por el cribado, la separación por densidad del aire y una clasificación NIR final, lo que da como resultado un producto de vidrio reciclado limpio (>12 mm).

## MRF de flujo único

En Alemania, las 'bolsas amarillas' recogen una amplia gama de residuos de envases incluyendo plásticos (incluidas películas), latas y briks. El vidrio y el papel se recogen por separado. Además, los consumidores devuelven grandes volúmenes de botellas de PET por separado en el marco del sistema alemán 'pfand'. Sin el desafío de separar las fibras de los contenedores, los MRF en países con recolección separada se han desarrollado para manejar volúmenes más grandes de desechos muy ligeros.

Cada año se recogen aproximadamente 2,25 millones de toneladas de envases, el 90% de los cuales se clasifican en menos de 50 plantas, con un alto nivel de estandarización en el diseño de procesos (Cipman et al. 2016). **Las plantas más avanzadas pueden tener hasta 20 máquinas clasificadoras NIR, además de equipos de detección adicionales, como dispositivos de medición de caudal volumétrico basados en cámaras ultrasónicas o VIS.**

**Operaciones de acondicionamiento:** como primer paso, las bolsas amarillas se trituran en trozos grandes. Luego, los materiales se tamizan utilizando tamices de tambor (*trommels*) para clasificarlos en tamaños viables para el equipo aguas abajo. Las películas de plástico se separan mediante un clasificador de aire.

Los materiales de menos de 220 mm se separan además en dos o cuatro intervalos de tamaño de partículas adicionales. El caudal másico principal (20-220 milímetros) representa el 80-85 % del flujo de entrada y se procesa en dos o tres líneas individuales.

La clasificación del aire se utiliza para separar aún más las películas de plástico (10 %), para mejorar la clasificación del sensor aguas abajo. Los imanes de suspensión Next separan los materiales ferromagnéticos

(9-13% del flujo de entrada). Luego, los sensores NIR se utilizan para separar los envases de bebidas, antes de que los componentes no ferrosos se separen mediante corrientes de Foucault (principalmente aluminio, <5 % de entrada).

A continuación, dos pasos más de NIR separan el embalaje de papel/cartón y todos los plásticos. Luego, el plástico mezclado se limpia aún más con separadores balísticos para eliminar los finos y cualquier material 2D restante antes de ingresar a la clasificación de polímeros, donde los plásticos se clasifican en HDPE, PP, PET y PS.

También puede tener lugar un segundo paso de limpieza o clasificación por color (para PET), además de un NIR final para detectar los polímeros perdidos y recircularlos al comienzo del bloque de clasificación de polímeros.

## Separación completa de la fuente MRF

En los sistemas en los que los envases ligeros se separan en sus partes constituyentes en origen, son posibles instalaciones de clasificación especializadas. Völkermarkt se ha especializado en el reciclaje de PET desde 2003 y produce regranulado de calidad alimentaria en su planta 'botella a botella' (Kruschitz Plastics and Recycling, sin fecha).

Las botellas de PET llegan a la planta en fardos, donde se abren y trituran, y se pasan por un separador balístico. El flujo de PET luego pasa a través de un separador NIR y una trituradora secundaria reduce aún más las escamas a 12 mm.

**Los copos se prelavan y clasifican mediante una técnica de clasificación por densidad/flotación para clasificar las cápsulas y otras impurezas.** Luego, el PET se lava en caliente con hidróxido de sodio (NaOH) para quitar las etiquetas, y el agua residual de este proceso se microfiltra para limpiar el pegamento.

El PET pasa a través de un reactor de vacío para limpiarlo de cualquier contaminante orgánico, y finalmente se seca y va a las extrusoras, donde el PET se funde y se presiona a través de un cono para producir largas tiras de plástico, que luego se pueden cortar en gránulos.

Como resultado, la pureza de la producción secundaria de PET resultante puede alcanzar el 99,9%, con un máximo de impurezas de 100-200 ppm.

## Planta de

### selección croata modelo Marišćina

Con el establecimiento y desarrollo del sistema de gestión de residuos de envases, muchas empresas han modernizado sus instalaciones existentes o han construido nuevas para la recuperación de residuos utilizando los subsidios de EPEEF.

Si bien se han construido nuevas instalaciones y se han mejorado varias de las existentes, es decir, **se han incrementado las capacidades de valorización de residuos de envases, especialmente envases de plástico**, teniendo en cuenta que el mercado de los materiales de embalaje está evolucionando rápidamente, será necesaria una mejora de la tecnología existente, en términos de aplicabilidad tecnológica para el tratamiento de algunos tipos de residuos de embalaje, por ejemplo, para ciertos tipos de embalaje multicapa (compuesto).

Las capacidades de tratamiento de los envases que contienen restos de materias peligrosas o están contaminados por materias peligrosas son, a nivel nacional, insuficientes, por lo que se exportan mayoritariamente desde la RC.

**A pesar de la dirección positiva en la gestión de residuos de envases, existe la necesidad de mejorar el mecanismo de supervisión de datos para la cantidad de residuos de envases producidos**, así como los datos sobre la eficiencia de valorización (reciclado) y la mejora de los sistemas de determinados materiales (por ejemplo, para envases excepto envases de bebidas), y la necesidad de establecer un sistema de gestión de residuos de envases para envases que contengan restos de materia peligrosa o que está contaminado por materia peligrosa. El sistema de gestión de residuos de envases existente no abarca suficientemente todos los tipos de residuos de envases.

#### *Similitudes con el modelo de planta de selección española:*

Los residuos de envases en Croacia se recogen en contenedores amarillos (o contenedores con tapas amarillas) colocados en lugares públicos y en los patios de reciclaje. Los materiales utilizables dispuestos en contenedores amarillos son:

- bolsas de polietileno, láminas, películas, plástico de burbujas: deben llevar las siguientes etiquetas: PE-HD, PE-LD, PET, PP, etc.;

- botellas de aceite comestible, agua destilada, agentes de limpieza y lavado, cosméticos, medicamentos (excepto citostáticos), alimentos, etc. - etiquetas: PE-HD, PE-LD, PP, etc.;
- vasos y tarros de yogur, queso, etc. – con designación: PS, PP, etc.;
- embalaje para varios productos alimenticios hechos de poliestireno (espuma de poliestireno) - con la marca EPS, etc.;
- envases multicapa (briks para bebidas),
- otros productos de plástico: botellas de refrescos, tapones, platos de plástico, cubiertos, etc. – con las siguientes etiquetas: PE-HD, PP, PVC, PS, PET, etc.;
- latas de alimentos y latas de bebidas.

El proceso de tratamiento de los residuos de envases es similar a la planta de selección española (recepción y almacenamiento, pretratamiento, clasificación de materiales, controles de calidad, adecuación de materiales seleccionados y gestión de residuos rechazados).

**Recepción y almacenamiento:** Los residuos de envases, recogidos a través de contenedores, se entregan en las instalaciones mediante camiones de carga. En el momento de la aceptación de los residuos, se determina la masa de los residuos recibidos y estos datos se registran en el registro de cada tipo de residuo recibido. Después de una inspección visual de los desechos, estos se descargan del camión y se vierten en la instalación de almacenamiento de desechos de acuerdo con la categorización de desechos: tipos de material polimérico, en tanques primarios, fardos o pilas.

**Operación de pretratamiento:** Una vez inspeccionados y categorizados los residuos, se separan y almacenan según el tipo de material polimérico y el tipo de embalaje en que se reciben, para evitar la dispersión de polvo, ruidos, olores y otras emisiones. El transporte de residuos hacia y desde el almacenamiento se realiza mediante carretillas elevadoras y transpaletas manuales.

**Clasificación de materiales, controles de calidad, adaptación de materiales seleccionados:** Los residuos depositados en la zona de recepción se recogen con carretillas elevadoras y se entregan a la línea de valorización. Los residuos se introducen en el tanque de entrada y luego se transportan al molino/triturador con transportador vertical con el alimentador de entrada.

El molino/triturador tritura los residuos en una fracción de 14 mm de tamaño. El objetivo de la trituración es obtener un desecho que sea más fácil de limpiar en el proceso posterior de lavado y limpieza del material de desecho.

El transportador de orugas ubicado a la salida del molino/triturador, transporta las fracciones de plástico trituradas a la lavadora operada por centrífuga. La máquina centrífuga se utiliza para limpiar el material polimérico de tal manera que, a alta velocidad, utilizando la fuerza centrífuga, se produzca la separación de impurezas (menos de 3 mm) de la fracción polimérica. Las impurezas como el polvo o el lodo se separan mediante un tamiz perforado.

Después de limpiar los desechos en la máquina centrífuga, el material de desecho triturado y purificado ingresa a la máquina de hidro-separación. En la máquina de hidro-separación, el material de desecho se sumerge y se limpia con agua, pero el hidro-separador también sirve para clasificar los desechos. La fracción plástica como material más liviano flota en la superficie y se transfiere a la máquina centrífuga a través de agua y cuchillas portátiles. Los contaminantes (fracción más pesada) como piedras, metales, etc. terminan en el fondo del hidro-separador. Después del secado, los residuos se transportan a los silos de almacenamiento. Los residuos se prensan en pacas y son aptos para su posterior transporte.

**Gestión de residuos rechazados:** Todo el material que no es apto para el reciclaje se transporta a una de las Instalaciones de Tratamiento Biológico Mecánico en Croacia. El proceso de tratamiento mecánico-biológico de los residuos municipales mixtos se inicia con la recepción de los mismos en la fosa receptora dentro del edificio MBT, luego de lo cual se trituran los residuos con trituradora primaria y se llenan las cajas de bio-secado.

Cuando han completado el proceso de secado biológico, que dura aproximadamente 7-8 días, para que los residuos se estabilicen, se extraen de las fosas y se trasladan a un tratamiento mecánico, donde la fracción de 0-25 mm se separa primero en el tamiz vibratorio, luego se separa el hierro y luego los metales no ferrosos.

La siguiente es la separación de fracciones pesadas inertes por separador de aire, seguida de la separación de PVC por separadores ópticos. Luego, los desechos se trituran en las trituradoras secundarias y, por lo tanto, se convierten en SRF o RDF.

**Copyright: CC BY-NC-SA 4.0:**

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Con esta licencia, es libre de compartir la copia y redistribuir el material en cualquier medio o formato. También puede adaptar, remezclar, transformar construir sobre el material.



y

**Sin embargo, sólo bajo los siguientes términos:**

**Atribución:** debe otorgar el crédito apropiado, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se realizaron cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de ninguna manera que sugiera que el licenciante lo respalda a usted o su uso.

**No comercial:** no puede utilizar el material con fines comerciales.

**ShareAlike:** si remezcla, transforma o construye sobre el material, debe distribuir sus contribuciones bajo la misma licencia que el original.

**Sin restricciones adicionales:** no puede aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros de hacer cualquier cosa que permita la licencia.

La información y las opiniones expuestas en este informe pertenecen a los autores y no reflejan necesariamente la opinión oficial de la Unión Europea. Ni las instituciones y órganos de la Unión Europea ni ninguna persona que actúe en su nombre podrán ser considerados responsables del uso de la información proporcionada.

Cofinanciado por el  
programa Erasmus+  
de la Unión Europea

