

Clase 4-2024

Residuos Urbanos e Industriales

Unidad N°4 Parte 1: Disposición inicial, y reciclaje

- Disposición inicial de los residuos. Disposición segregada.
- Reciclaje.
- Contenedores.

GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

Etapas de la GIRSU



Disposición inicial

- Se define como la forma en que los residuos son dispuestos por los generadores.
- Puede ser general o separada.
- La disposición separada o selectiva es fundamental para la posterior recuperación de materiales y/o energía de los residuos.
- La mayoría de los métodos de valorización de residuos requieren la separación en origen de los residuos en diferentes fracciones.



Disposición inicial

Separación de los residuos en origen

Factores que influyen

Composición. En los RSU, en general 2 fracciones

Método de valorización: incineración, compostaje

Facilidad de separación (motivación de los usuarios)

Restricciones de legislación

Exigencias del mercado (según demanda de materiales)

Disposición inicial

Separación de los residuos en origen

Indicadores de prerrecogida o separación en origen



Se utilizan para saber el % de materiales reciclables que se han separado correctamente.

Sirven para saber la eficacia del sistema.



Fracción 1 = $X_1 + Y_1$

Fracción 2 = $X_2 + Y_2$

X_0 material deseado en la corriente 1

X_1 material X separado correctamente

Y_1 contaminante de la corriente 1

X_2 contaminante de la corriente 2

Y_2 material Y separado correctamente

Disposición inicial

Separación de los residuos en origen

Indicadores de prerrecogida o separación en origen

- **Grado de fraccionamiento** = $(X_1 + Y_1) / (X_0 + Y_0)$
- **Grado de separación** = $(X_1 + Y_1) / X_0$
- **Grado de calidad del depósito** = $X_1 / (X_1 + Y_1)$
- **Grado de recuperación** = X_1 / X_0
- **Eficacia** = $X_1/X_0 - Y_1/Y_0$



Separación de los residuos en origen

Factores que afectan grado de recuperación

- Económicos (incentivos)
- Tamaño de la vivienda
- Frecuencia de recolección
- Número de fracciones
- Distancia al lugar de depósito
- Obligatoriedad de recolección separada
- Porcentaje en los RSU de los materiales a separar
- Educación y promoción.



Factores que afectan la calidad de separación:

- Número de materiales separados conjuntamente.
- Grado de complejidad de la separación,
- Características de los contenedores
- Información ciudadana.

Disposición inicial. Alternativas

Fracciones de residuos



Vidrio



Papel



Latas



Plásticos



Biodegradables

Disposición inicial. Alternativas Fracciones de residuos



Textiles



Madera



Químicos



Resto. No
reciclable



Voluminosos



Electrodomésticos

Disposición inicial

Pequeños puntos de entrega locales



Disposición inicial

Contenedores por cuadra



Ropa usada, Roma,
2018



Bologna, 2018



Viena,
2017

Disposición inicial

Contenedores soterrados

En zonas de alto tránsito o de valor histórico para no impactar en el paisaje urbano con contenedores.



Disposición inicial

Contenedores con identificación de generadores (con chip)

Contenedores con chip para optimizar la frecuencia de recogida y el control con cámaras y tarjeta de acceso al punto de emergencia. Ejemplo: Area Metropolitana de Barcelona.

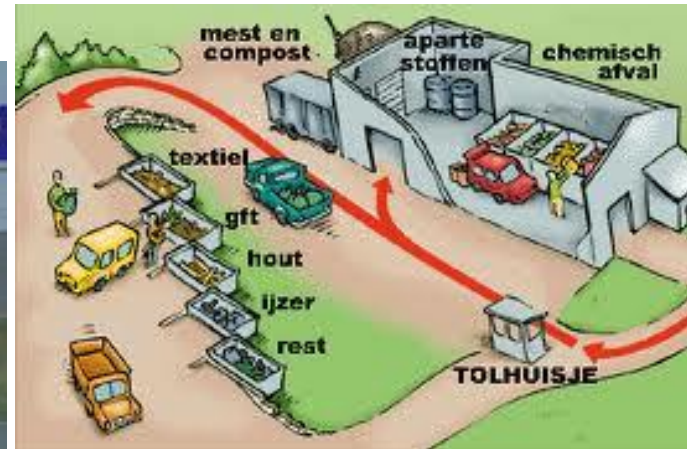


Disposición inicial

Máquinas que reciben botellas/ latas para reciclaje.



Disposición inicial. Estaciones de entrega para toda la ciudad



Disposición inicial

Bolsas: opción más económica que los contenedores, aplicable a pequeñas ciudades con menor generación de residuos por cuadra.

- 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.



Disposición inicial 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.
- Desventajas:
 - **Mayor inversión** en los contenedores
 - Menos reciclaje (o se necesitan más contenedores selectivos)



Disposición inicial Contenedores

- Colores de contenedores

Segregación binaria (2 corrientes)



COLOR	DENOMINACIÓN	DESCRIPCIÓN	SEÑALÉTICA ESTÁNDAR
VERDE	Residuos reciclables secos	Todos los materiales que pueden ser valorizados y cuya mezcla no compromete la posibilidad de clasificación secundaria y posterior valorización, secos y limpios. Por ejemplo: papel y cartón; vidrio (botellas y frascos); plásticos (botellas, bolsas, tapas, envases); metales (latas, conservas, tapas); multilaminado; textiles (ropa, trapos); madera (palos, tablas, cajas).	RESIDUOS RECICLABLES SECOS
NEGRO	Basura	Residuos sin alternativa de valorización, respecto de los cuales se debe proceder a su disposición final; o aquellos con alternativa de valorización que por algún motivo deben ser llevados a disposición final. Por ejemplo: papeles y cartones sucios; cerámicas; vidrios rotos; material de barrido, y toda otra fracción que no se pueda clasificar.	BASURA

Disposición inicial Contenedores

- Colores de contenedores

Otras fracciones

COLOR	DENOMINACIÓN	DESCRIPCIÓN	SEÑALÉTICA ESTÁNDAR
MARRÓN	Residuos orgánicos compostables	SI: Restos de alimentos (cáscaras de frutas y verduras, cáscara de huevo, yerba, café); residuos vegetales no voluminosos de tipo no leñoso, procedentes del mantenimiento de parques y jardines (hojas secas, ramas, y otros), tapones de corcho.	RESIDUOS ORGÁNICOS COMPOSTABLES
		NO: pescado, carne, grasa, productos derivados de la leche, aceite de cocina, plantas enfermas.	
AMARILLO	Plásticos	Toda clase de plástico simple o compuesto: PET, PEAD, PVC, PEBD, PP, PS, poliestireno expandido, y otros. Por ejemplo: botellas de agua, refrescos y lácteos; envases de alimentos; envases de productos de perfumería, cosmética y limpieza, corchos sintéticos. Deben encontrarse secos y limpios.	PLÁSTICOS
AZUL	Papel y cartón	Materiales de celulosa, secos y limpios. Por ejemplo: papeles de oficinas; diarios; revistas; folletos; bolsas de papel; cajas y paquetes de cartón; hueveras de cartón; tubos de cartón de papel higiénico o servilletas; libretas y cuadernos sin espiral metálico/plástico, y sin clips o broches.	PAPEL Y CARTÓN
BLANCO	Vidrios	Recipientes y otros objetos de vidrio, sin tapones ni corchos, y sin rastros de lo que contenían en su interior. Por ejemplo: botellas, frascos de conservas, envases de vidrio de cosméticos y perfumería.	VIDRIOS
GRIS	Metales	Materiales férricos y no férricos. Por ejemplo: latas y envases de conservas o bebidas, chatarra.	METALES

Reciclaje

Definición

- Proceso simple o complejo que sufre un material o producto para ser reincorporado a un ciclo de producción o consumo, ya sea éste el mismo en que fue generado u otro diferente.
- Proceso que tiene por objeto la recuperacion, de forma directa o indirecta, de los componentes de los residuos sólidos.
- Es necesario recolectar en forma separada los distintos materiales: contenedores, recolección neumática, centros de reciclaje, camiones separados.



Reciclaje

Beneficios

- Beneficios financieros.
 - Obtener dinero vendiendo reciclables
 - Beneficios financieros para la comunidad
- Conservación de recursos.
- Ahorro de energía.
- Compromiso con la comunidad.
- Creación de empleos.
- Fortalecer la economía
- Protección ambiental.



Conservación de recursos y ahorro de energía

- Tirar una simple lata de aluminio, en vez de reciclarla, es como desperdiciar 6 onzas de gasolina.
- En 2010, los americanos reciclaron suficientes latas de aluminio para conservar la energía equivalente a más de
15 millones barriles de petróleo.

- Requiere más energía fabricar una nueva lata de aluminio que reciclar 20 latas de aluminio.



Reciclaje construye comunidad

- La gente trabaja unida
- Comunicar
- Compartir ideas
- Sostenerse unos a otros



Reciclaje crea empleos

10.000 toneladas de residuos:

- Incineradas, crea 1 empleo
- Relleno, crea 6 empleos
- Reciclaje, crea **36 empleos!**



Reciclaje ayuda a construir una economía más fuerte

- Menores costos de gestión de residuos
- Materiales de producción más baratos
- Ahorro de energía
- Creación de empleos



Reciclaje ayuda a proteger el ambiente

- Reduce el riesgo de contaminación de los rellenos.
- Reduce la contaminación
- Impactos ambientales reducidos por la minería o la extracción de materias primas originales.

Aire más limpio ...

82 millones de toneladas de residuos recicladas en 2006 es equivalente a sacar 39 millones de autos de las calles por un año completo !



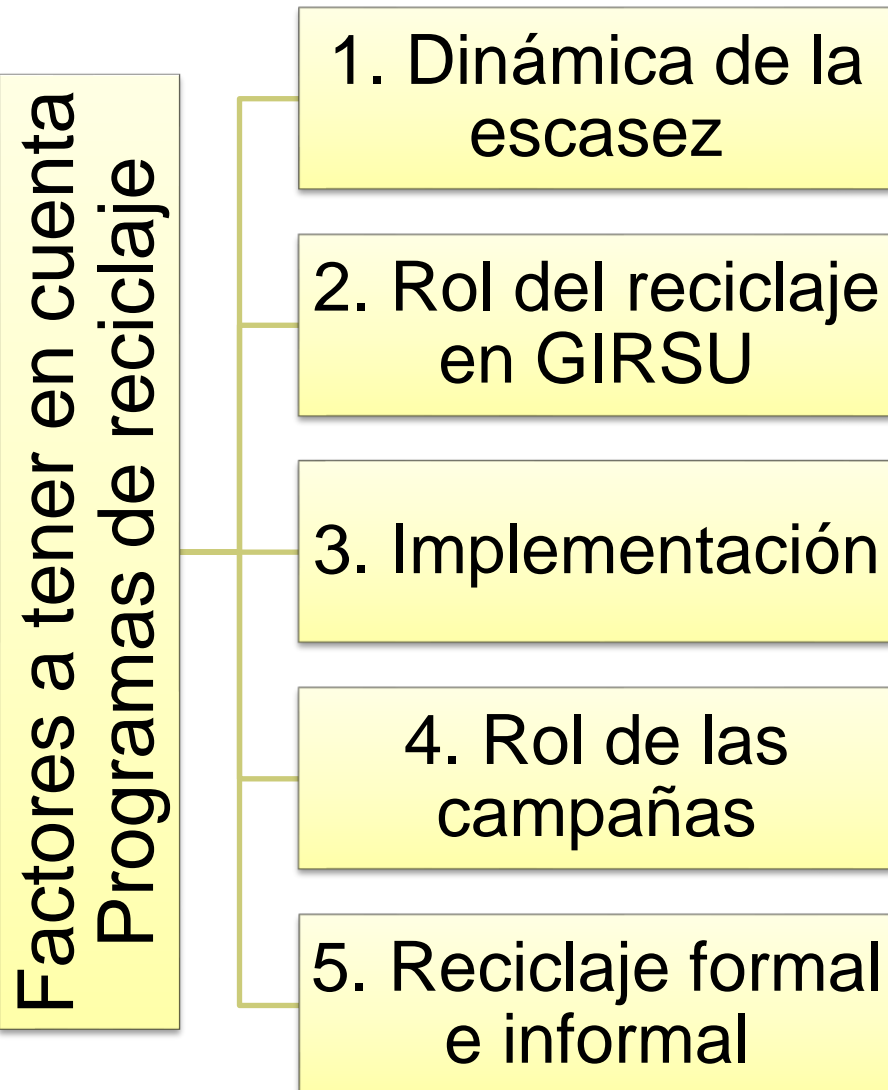
Etapas hacia la minimización de RSU

- Establecer (o mejorar) legislación y marcos para todos los tipos de residuos.
 - Hogares
 - Industrias
 - Barrido y limpieza
 - Hospital
- Establecer sistemas de recolección, por contratos
 - Públicos
 - Privados
 - PPP (Alianzas Publico Privados)
- Organizar el tratamiento
 - Reciclaje
 - Compostaje
 - Incineración
 - Relleno

Público o Privado

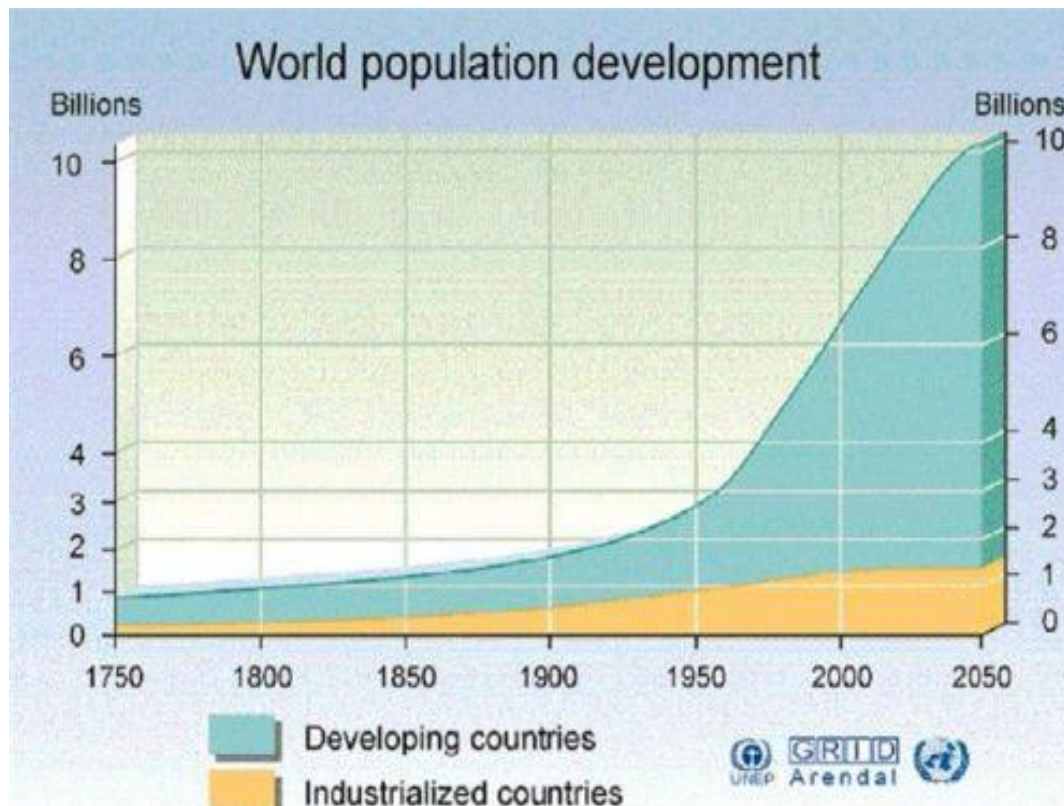
- Legislación: obviamente pública
- Recolección de residuos industriales: Privado
- Recolección de los hogares, barrido y limpieza: Público, Privado o PPP
- Las compañías privadas tienen acceso más fácil a los fondos para invertir.
- Las compañías públicas usualmente están más conectadas con los ciudadanos.

Programas de reciclaje



1. Dinámica de la escasez

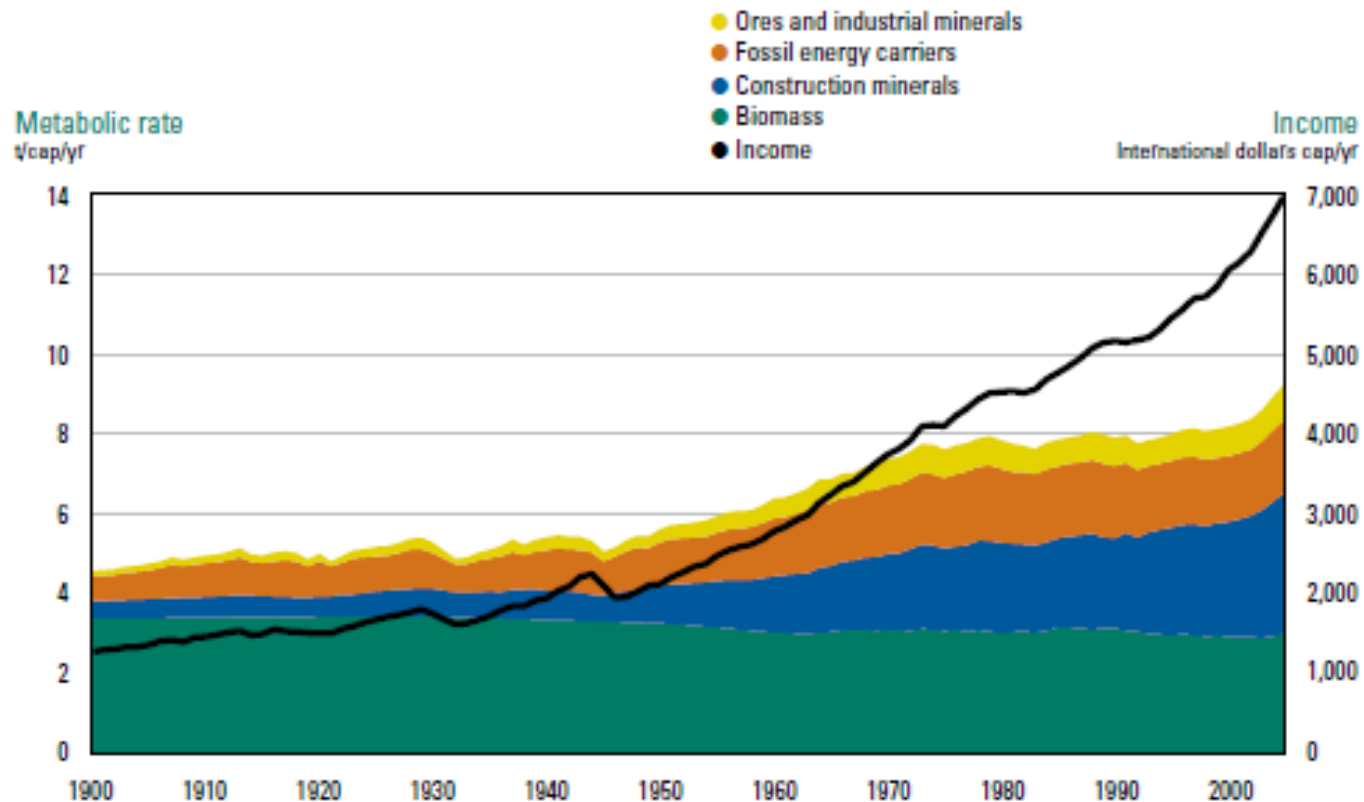
Población 2050 = 1,5 X Población 2010



PBI mundial creció en un factor x 23

Uso de recursos materiales creció en un factor x 8

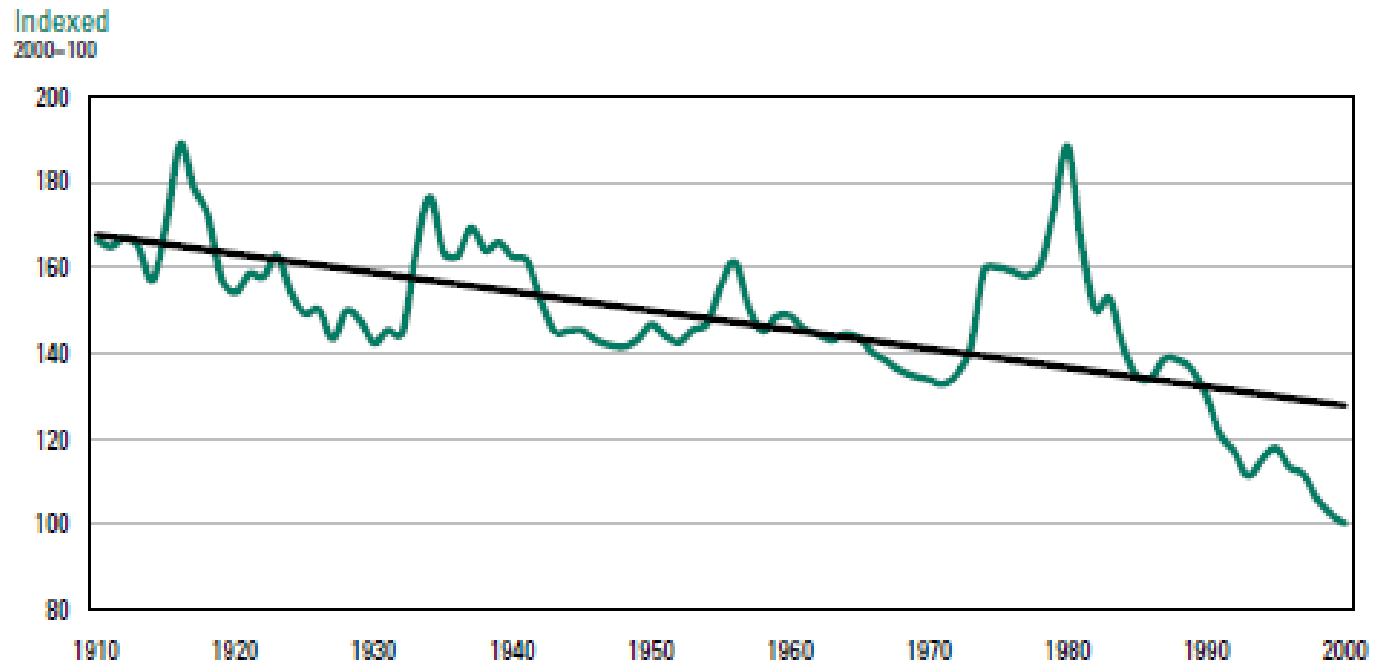
Figure 2.2. Global metabolic rates 1900–2005, and income



Source: Krausmann et al., 2009; based on SEC Database "Growth in global materials use, GDP and population during the 20th century", Version 1.0 (June 2009): <http://uni-klu.ac.at/socec/inhalt/3133.htm>

Precios de los recursos bajó aprox. 30%

Figure 2.4. Composite resource price index (at constant prices, 1900–2000)



Source: Wagner et al., 2002

Source: *Decoupling Natural Resource Use and Environmental Impacts from Economic Growth*, UNEP 2011

2. Rol del reciclaje en GIRSU

Técnico: reduce la cantidad de residuos y provee sustitución a materiales vírgenes y ahorros de energía

Financiero: crea nuevos negocios y ahorra dinero para nuevos productos

Social: educa a las personas a manejar residuos como recursos

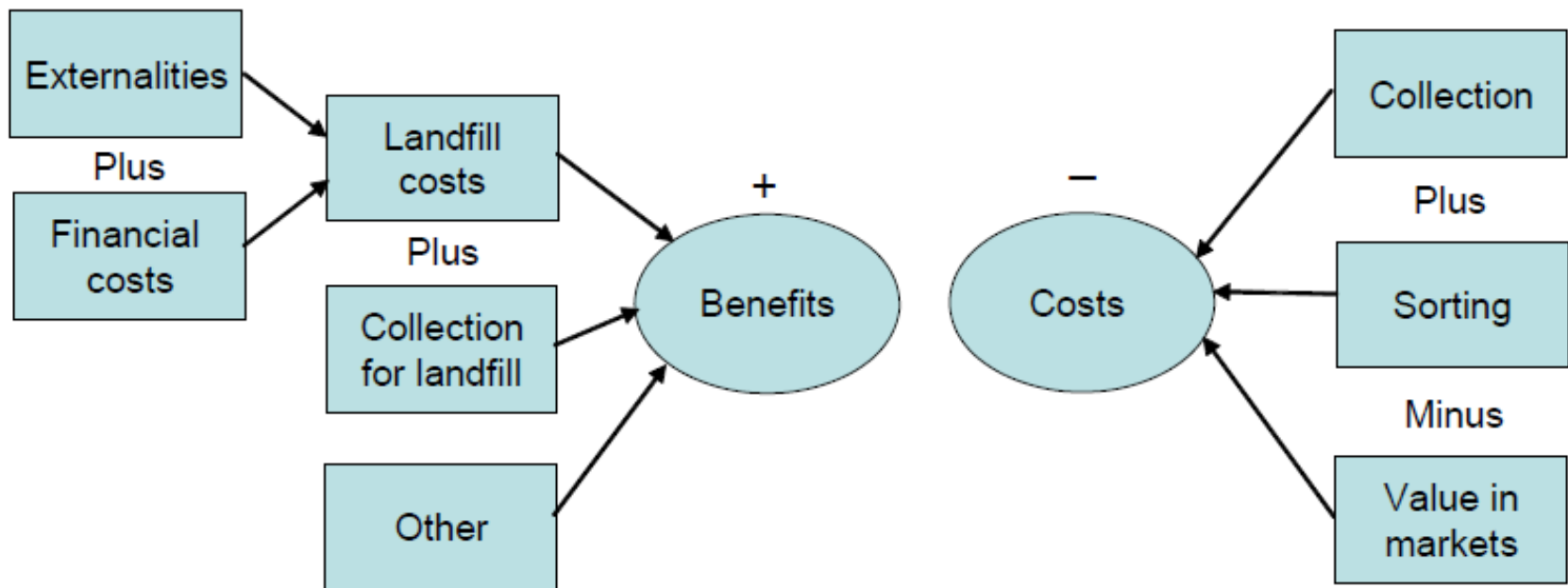
Político: provee el modo más fácil para hablar de gestión de residuos, a veces no tenido en cuenta.

Un detalle normalmente olvidado



Costos y beneficios del reciclaje

Components of the analysis



3. Implementación

- En cual barrio comenzar como piloto?
- Qué tipo de materiales (elegir de acuerdo a las condiciones y estadísticas)
- Como recolectar los reciclables (1 o más contenedores, vehículos, frecuencias, centros de entrega)
- Como se procesan?
- Cuales son los precios del mercado?
- Como entrenar a la gente y que campañas (mensajes, materiales, frecuencia)?
- Evaluación y monitoreo



Distancias máximas entre puntos de generación o entrega y plantas de reciclaje por camión: aprox. 30 km

APPROPRIATE HAULAGE DISTANCES FOR VARIOUS RECYCLING OPTIONS



Para
distancias >
30 km,
transporte
de carga
por tren
para
compensar
costos
transporte

Pregunta: Quién recicla más?

- Personas más Recicladoras son principalmente personas relativamente ricas y retiradas (jubilados) en promedio.
- No recicladores son principalmente familias con chicos, jóvenes de edad mediana sin chicos.
- El tipo de vivienda juega un rol así como el tipo de departamento (con o sin terraza, espacios limitados)

Importancia de la arquitectura



Tipo cuadrado

Donde hay más
participación en el
reciclaje?



Calles lineales

Participación y reciclaje es mayor en tipo cuadrado

Por qué?

- Visibilidad y proximidad crea interacción social.
- La acción del vecino juega un rol.
- En espacios cuadrados no hay diferencias

Calles lineales cortas mejores que las largas

- Proximidad crea visibilidad
- **Escala humana.**
- **Cruces**

5. Reciclaje Informal y formal

Imperial College
London

ISWA Beacon Conference
Waste Prevention and Recycling
Buenos Aires 21-22 June 2011

Recycling rates: formal vs. informal

Income Level	Average %	Formal %	Informal %
High	54	54	0
Upper-middle	15	1	15
Lower-middle	27	11	16
Low	27	1	26

Data source: Scheinberg A, Wilson D.C. and Rodic L. (2010). *Solid Waste Management in the World's Cities*. Published for UN-Habitat by Earthscan, London

Cálculo del número de contenedores de RSU

Es necesario conocer los siguientes Datos:

- a) Producción o generación media de residuos por día (y producción per cápita), y composición %.**
- b) Producción de diseño de recolección de residuos,**
- c) Volumen de los contenedores y**
- d) Peso específico de los residuos en los contenedores.**

Cálculo del número de contenedores de RSU (cont.)

a) Cálculo de la Producción media de residuos sólidos por día (Pr): es la cantidad de residuos sólidos generados por día por toda la población que será atendida por el servicio de disposición inicial (puede ser toda la ciudad, un barrio piloto, o una parte de la ciudad).

Si toda la ciudad será atendida por contenedores, esta producción media de RSU (Pr) por día se calcula con:

$$Pr \left(\frac{kg}{d} \right) = PPC \left(\frac{kg}{hab * d} \right) * Pobl. (hab)$$

Además de las cantidades generadas de RSU es necesario conocer su composición física, es decir los componentes individuales que constituyen el flujo de los residuos en porcentaje en peso.

Cálculo del número de contenedores de RSU (cont.)

b) Cálculo de Producción de diseño de recolección de residuos Prd

En este cálculo, se tiene en cuenta que la recolección de los contenedores puede no ser diaria, y por lo tanto los residuos que se generan por 2 o 3 días son acumulados en los contenedores.

Para calcular la producción de diseño para la recolección de RSU, se utiliza la siguiente ecuación:

$$Prd(kg) = PPC \left(\frac{kg}{hab * d} \right) * Pobl. (hab) * m_{d.s.recol}(d)$$

Ecuación 1

Donde Prd se expresa en unidades de kg, PPC es la producción per Cápita de RSU en kg/hab·día y $m_{d.s.recol}$ representa la máxima cantidad de días sin recolección en días (en los casos donde la recolección no sea diaria). Si la recolección es diaria, se coloca un 1.

Cálculo del número de contenedores de RSU (cont.)

c) Cálculo de Peso específico de residuos P_{esp}

El peso específico se define como el peso de un material por unidad de volumen (kg/m^3). Los datos sobre el peso específico se encuentran en tablas como en el libro Tchobanoglous et Al., 1994.

Así, el peso específico de residuos mezclados se obtiene de la siguiente ecuación:

$$P_{esp} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = \sum \left(P_{esp,c,i} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) * \frac{Comp_{c,i} (\%)}{100} \right)$$

Ecuación 2

Donde: $P_{esp,c,i}$ es el peso específico del componente i de los RSU de tablas.

$Comp_{c,i}$ es la composición porcentual en peso del componente i en los RSU (dato para cada ciudad).

Cálculo del número de contenedores de RSU (cont.)

d) Cálculo de Contenedores necesarios para disposición inicial

Para calcular el número de contenedores es necesario seleccionar el tipo de contenedores a utilizar, con su capacidad en m³ (informada por el fabricante). Los contenedores dependen de las características y tipos de residuos sólidos a recolectar, tipo de sistema de recolección utilizado, de frecuencia de recolección y del espacio disponible para los contenedores.

El número de los contenedores se estima según la siguiente ecuación:

$$N^{\circ} \text{ Contenedores} = \frac{Prd (kg)}{P_{esp} \left(\frac{kg}{m^3} \right) * V_c (m^3)}$$

Ecuación 3

Donde P_{esp} es el peso específico de los residuos a gestionar expresado en kg/m³, y V_c , es el volumen del contenedor, en m³. Los más comunes son de 2,4 m³ y 3,2 m³.

Cálculo del número de contenedores de RSU (cont.)

Ejemplo

Una ciudad ha realizado un estudio de caracterización de residuos en vistas de implementar un sistema de recolección de residuos.

Población: 100.000 hab

PPC_RSU: 1kg/hab·día

Frecuencia de recolección: diaria

Tabla 1- Peso específico y composición por corriente.

Corrientes	Peso específico (kg/m3)	Comp.(%)
Restos de comida	291	40
Papel y cartón	69	20
Plásticos	65	20
Metales	100	10
Restos no reciclables	481	10

- Calcular la cantidad de contenedores necesarios para servir a la totalidad de la población considerando una recolección sin separación en origen.
- Calcular la cantidad de contenedores necesarios para servir a la totalidad de la población, si se pretende recolectar los **residuos reciclables 2 días por semana**, y los **no reciclables, 5 días por semana**. Por lo tanto, calcular:
 - Nro de contenedores de color verde de 2,4 m3 para los residuos reciclables.
 - Nro de contenedores de color negro de 2,4 m3 para los residuos No Reciclables.

Suponer que toda la población participa de la separación en origen y que todos los residuos son correctamente separados en las fracciones reciclable y no reciclable. Se consideran reciclables al papel y cartón y a los plásticos. El resto va a no reciclables.

Cálculo del número de contenedores de RSU (cont.)

Ejemplo

Resolución

• Se quiere disponer los residuos que genera la población en contenedores de todo en 1, SIN separación en origen. Para calcular el N° de contenedores se necesitan los siguientes datos:

Prd (kg)= ?

Pesp (kg/m³)=?

Vc (m³)=2400 litros =2,4 m³

a) Para hallar el valor de Prd, se debe aplicar la ecuación 1.

PPC(kg/hab·d)=1kg/hab·d

Población: 100.000hab

Máx días sin recolección= 1 d

$$Prd(kg) = PPC \left(\frac{kg}{hab * d} \right) * Pobl. (hab) * m_{d_s.recol}(d)$$

$$Prdkg = 1kg/hab * d * 100.000hab * 1d$$

$$Prdkg = 100.000 kg$$

Cálculo del número de contenedores de RSU (cont.)

Ejemplo

Resolución

b) Para hallar el peso específico de los RSU se debe aplicar la ecuación 3:

$$P_{esp} \left(\frac{kg}{m^3} \right) = \sum \left(P_{esp,i} \left(\frac{kg}{m^3} \right) * \frac{Comp_{c,i} (\%)}{100} \right)$$

Los datos están dados en la tabla 1:

$$P_{espRSU}(kg/m^3) = 291kg/m^3 * 40\% + 69kg/m^3 * 20\% + 65kg/m^3 * 20\% + 100kg/m^3 * 10\% + 481kg/m^3 * 10\%$$

$$P_{espRSU}kg/m^3 = 116,4kg/m^3 + 13,8kg/m^3 + 13kg/m^3 + 10kg/m^3 + 48,1kg/m^3$$

$$P_{espRSU} (kg/m^3) = 201,3 kg/m^3$$

Cálculo del número de contenedores de RSU (cont.)

Ejemplo

Resolución

c) Calcular el número de contenedores, se utiliza la ecuación 3:

$$N^{\circ} \text{ Contenedores} = \frac{Prd \text{ (kg)}}{P_{esp} \left(\frac{kg}{m^3} \right) * V_c (m^3)}$$

$$N^{\circ} \text{ Contenedores} = 100.000 \text{ kg} / (201,3 \text{ kg/m}^3 * 2,4 \text{ m}^3)$$

$$N^{\circ} \text{ Contenedores} = \mathbf{207}$$

**Es práctica habitual comprar un 10% más de contenedores para reponer.
Por lo tanto:**

$$N^{\circ} \text{ Contenedores} = \mathbf{228}$$

Bibliografía

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

ISWA, International solid waste association, 2011.

Resolución 446/2020 Min. Ambiente Nación. APRUEBASE EL
CODIGO ARMONIZADO DE COLORES PARA LA
IDENTIFICACION, CLASIFICACION Y SEGREGACION
DE RESIDUOS DOMICILIARIOS