

I Conferencia Internacional sobre la Gestión de Residuos Sólidos  
en América Latina – GRAL 2009

*Quito, Ecuador -- 23 al 25 de Junio, 2009*

# Sistemas de Reciclaje para los Residuos Sólidos

L.F. Díaz y G. M. Savage  
CalRecovery, Inc.  
Concord, California EEUU

[ldiaz@calrecovery.com](mailto:ldiaz@calrecovery.com)

CalRecovery

# Pasos Clave Requeridos para la puesta en Marcha de Programas de Reciclaje

- Establecer los criterios de diseño y otros requerimientos
- Caracterizar el flujo de residuos
- Identificar oportunidades para la prevención y para el reciclaje de los residuos
- Seleccionar opciones factibles basadas en las condiciones locales

# Pasos Clave Requeridos para la puesta en Marcha de Programas de Reciclaje (cont.)

- Integrar las opciones y perfeccionar el sistema global para el manejo de los residuos sólidos en términos de los criterios de diseño
- Planificar y fijar la implementación
- Poner en marcha el sistema

# Elementos importantes de Diseño y de Viabilidad del Programa de Reciclaje

- Características de los residuos:
  - fuentes
  - cantidades
  - composición
  - otras propiedades (físicas, químicas, etc.)

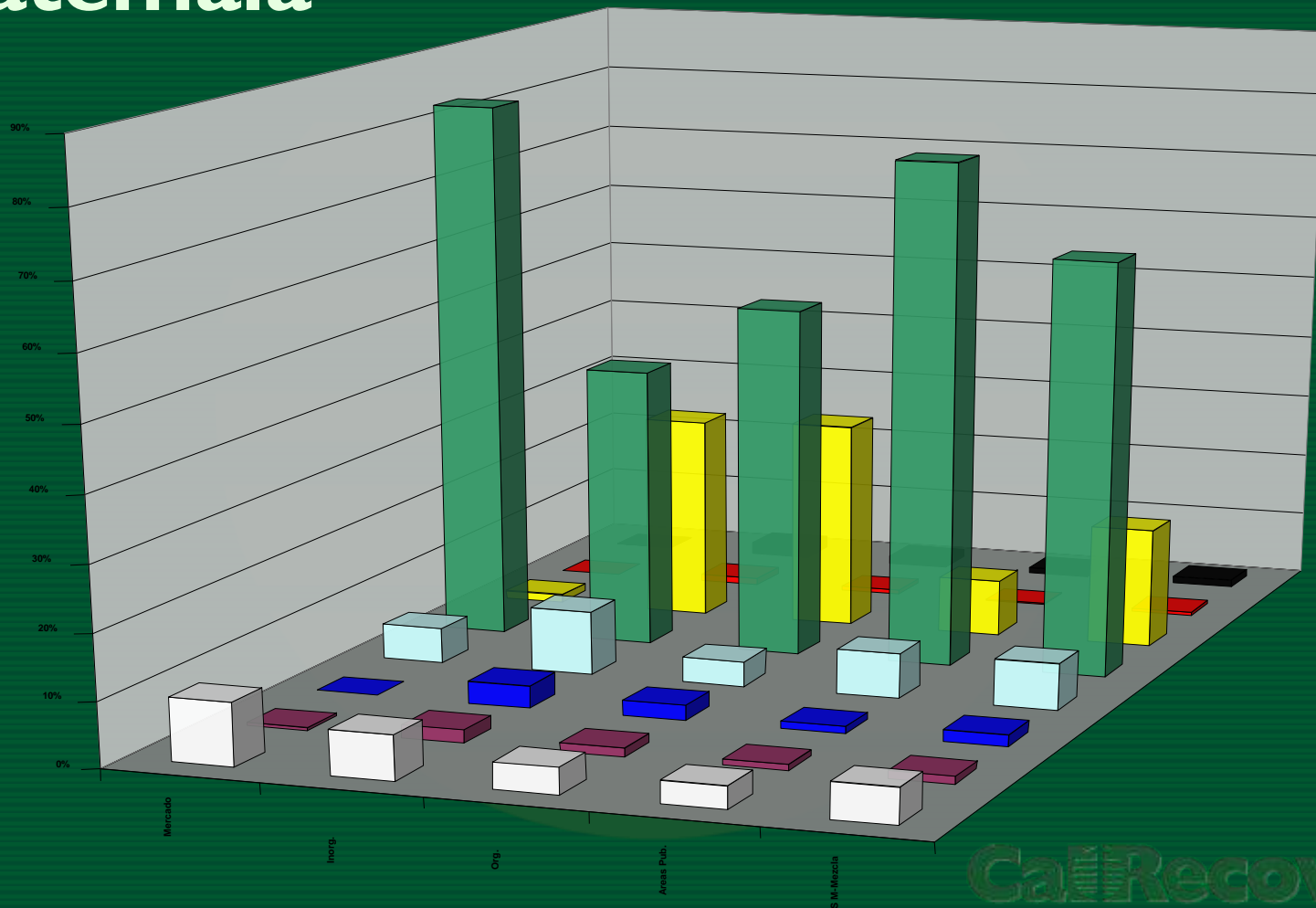
# Comparación de Características de Residuos a través del Mundo

Ubicacion	Materia Organica	Papel	Metales	Vidrio	Plastico, Hule, Cuero	Textiles	Ceramica, Polvo, Piedra	Peso (g)/ hab/ diay
Bangalore, India	75.2	1.5	0.1	0.2	0.9	3.1	19.0	400
Israel	71.3	24.8	1.1	1.0	0.8	1.0	1.8	400
Manila, Filipinas	45.5	14.5	4.9	2.7	8.6	1.3	27.5	400
Asunción, Paraguay	60.8	12.2	2.3	4.6	4.4	2.5	13.2	460
Seul, Corea	22.3	16.2	4.1	10.6	9.6	3.8	33.4 <sup>a</sup>	2,000 <sup>a</sup>
Viena, Austria	23.3	33.6	3.7	10.4	7.0	3.1	18.9 <sup>b</sup>	1,180
Mexico City, Mexico	59.8 <sup>c</sup>	11.9	1.1	3.3	3.5	0.4	20.0	680
Paris, Francia	16.3	40.9	3.2	9.4	8.4	4.4	17.4	1,430
Australia	23.6	39.1	6.6	10.2	9.9		9.0	1,870
Sunnyvale, California, EEUU	39.4 <sup>d</sup>	40.8	3.5	4.4	9.6	1.0	1.3	2,000
Condado de Bexar, Texas, EEUU	43.8 <sup>d</sup>	34.0	4.3	5.5	7.5	2.0	2.9	1,816

# Composición de los Residuos en San Juan Ostuncalco y San Marcos, Guatemala

Componente	San Juan Ostuncalco				San Marcos
	Mercado	Domiciliar Inorgánicos	Domiciliar Orgánicos	Areas Publicas	
Papel	9.7%	6.9%	4.1%	3.5%	5.4%
Vidrio	0.5%	2.1%	1.3%	0.9%	1.3%
Metales	0.0%	3.4%	2.4%	1.1%	1.8%
Plástico	5.5%	9.9%	3.9%	7.0%	7.3%
Otros Orgánicos	83.2%	43.4%	54.2%	77.8%	64.1%
Otros Inorgánicos	1.2%	31.4%	32.2%	8.7%	18.6%
Residuos Domiciliarios Peligrosos	0.0%	1.0%	0.7%	0.2%	0.5%
Residuos Especiales	0.0%	1.9%	1.2%	0.9%	1.1%

# Composición de los Residuos de San Juan Ostuncalco y San Marcos, Guatemala



# Elementos importantes de Diseño y de Viabilidad del Programa de Reciclaje (cont.)

- Especificaciones y demanda de los productos a ser recuperados :
  - fijadas por el mercado
  - calidad de producto y contaminación permitida
  - presentación del producto (granulado, en fardos, etc.)
- Tecnología:
  - simple
  - compleja



# Elementos importantes de Diseño y de Viabilidad del Programa de Reciclaje (cont.)

- Almacenamiento:
  - Tipo y capacidad de recipiente
  - Ubicación para la recolección
- Recolección:
  - Método
  - Frecuencia
  - Tipo de vehículo

# Elementos importantes de Diseño y de Viabilidad del Programa de Reciclaje (cont.)

- **Financiamiento:**
  - capital
  - operaciones
  - ingresos
  - recuperación de inversión
- **Control del medioambiente:**
  - identificar los flujos de contaminación
  - reglamentación
  - buenas prácticas

# Ejemplo de un método de Desviar el 50% de los Residuos del Relleno Sanitario

	% en los RSU	% de Recup.	Recu. Actual (%)
<b>Reciclables Base</b>			
Latas de hierro	3.0	70	2.1
Aluminio	0.5	70	0.4
Vidrio	8.0	70	5.6
Periódicos	12.0	70	8.4
	23.5	70	16.5
Res. de jardín <sup>a</sup>	15.0	70	10.5
<b>Otros</b>			
Cartón	10.0	70	7.0
Papel mezclado	20.0	70	14.0
Res. de comida	5.0	70	3.5
Madera	2.0	70	1.4
	37.0	70	25.9
<b>Totales</b>	<b>75.5</b>	<b>70</b>	<b>52.9</b>

<sup>a</sup> Por ejemplo, deriva de materiales de los rellenos vía compostaje.

# Segregación

- Oportunidades:
  - vehículo de recolección
  - estación de transferencia
  - sitio de disposición final
- Método:
  - desorganizado:
    - impide las operaciones
    - problemas de salud y de seguridad
  - organizado:
    - mejoras en la productividad y eficiencia
    - impacto de los segregadores en las operaciones
    - protección de salud y seguridad

# Recolección y Procesamiento deben de ser Considerados Juntos

Subsistema	Tipo de Recipiente	
	Rígido	Flexible (papel, plástico)
Recolección	<ul style="list-style-type: none"><li>• Carga mecánica/hidráulica</li><li>• Materiales sueltos en el vehículo</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Carga manual</li></ul>

# Recolección y Procesamiento deben de ser Considerados Juntos

Subsistema	Tipo de Recipiente	
	Rígido	Flexible (papel, plástico)
	<p>Operaciones clave:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• trituración</li><li>• cernido</li><li>• remoción de metales ferrosos</li></ul>	<p>Operaciones clave:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• apertura de bolsas</li><li>• trituración</li><li>• cernido</li><li>• remoción de metales</li></ul>

# Recolección y Procesamiento deben de ser Considerados Juntos

Subsistema	Tipo de Recipiente	
	Rígido	Flexible (papel, plástico)
Proces.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Materiales llegan sueltos</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Materiales llegan en bolsas</li></ul> <p>Biodegradables:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Resistencia de las bolsas</li></ul> <p>No-biodegradables:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• apertura de las bolsas</li><li>• post-procesamiento</li></ul>

# Tipos de Materiales de Entrada

- Residuos mezclados:
  - residenciales
  - comerciales
  - institucionales
  - industriales
- Separados en la fuente:
  - metales, vidrio, recipientes plásticos
  - periódicos
  - cartón
  - residuos de jardines



# Tipos de Materiales de Entrada (cont.)

- Residuos especiales (relativamente homogéneos):
  - residuos de construcción y de demolición
  - residuos de madera
  - residuos de mercados
  - residuos de oficinas

# Equipos para el Procesamiento de Materiales

- Dispositivos de trituración:
  - molinos/trituradoras
  - compactadoras
- Cribas (para la clasificación en base del tamaño de partícula):
  - trommel (rotativa)
  - vibradora (plana)
  - disco

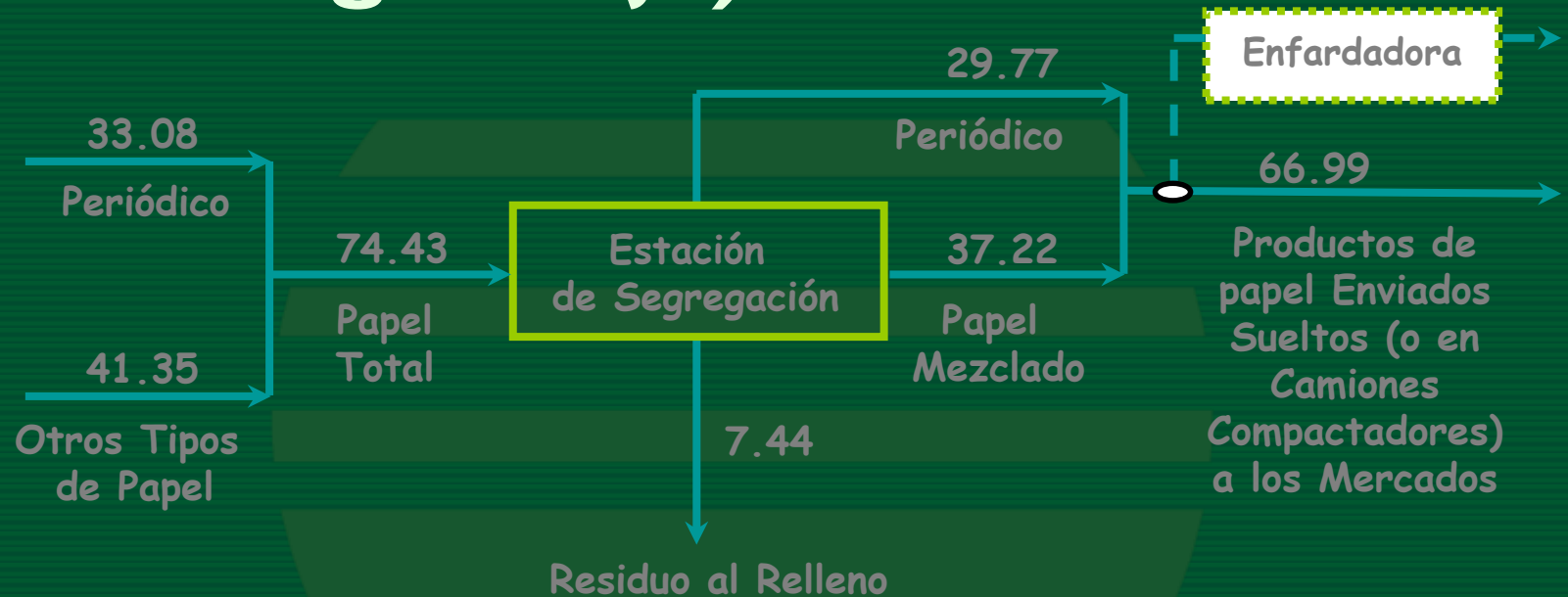
# Equipos para el Procesamiento de Materiales (cont.)

- Clasificadores por aire:
  - Tipos: vertical, horizontal, inclinado
  - Materiales segregados:
    - orgánicos/inorgánicos
    - combustible/no-combustible
  - Reducción de contaminación

# Equipos para el Procesamiento de Materiales (cont.)

- Separación magnética:
  - cinta
  - tambor
- Separación de metales no-ferrosos (aluminio):
  - corriente eddy
- Dispositivos para la densificación:
  - enfardadoras
  - peletizadoras
  - briquetters

# Flujo y Balance de Masa para la Recuperación de Papel (Tecnología Baja)

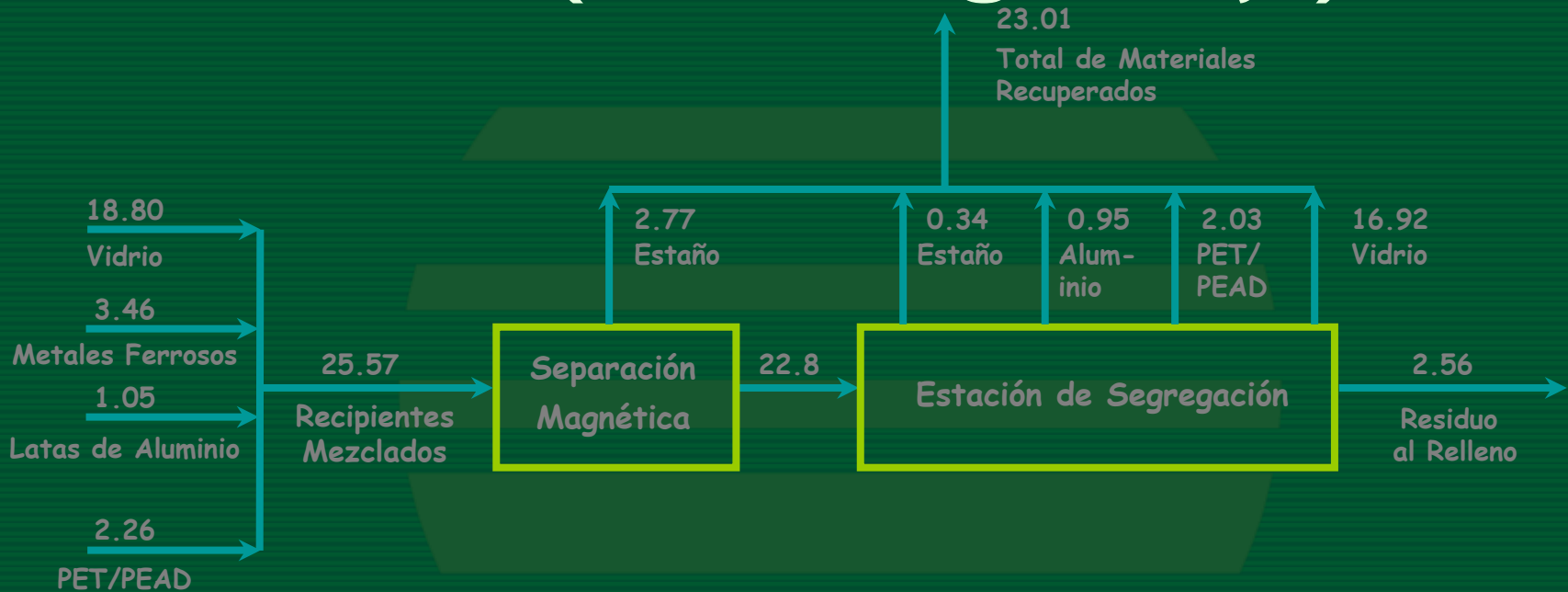


Cantidades en TPD



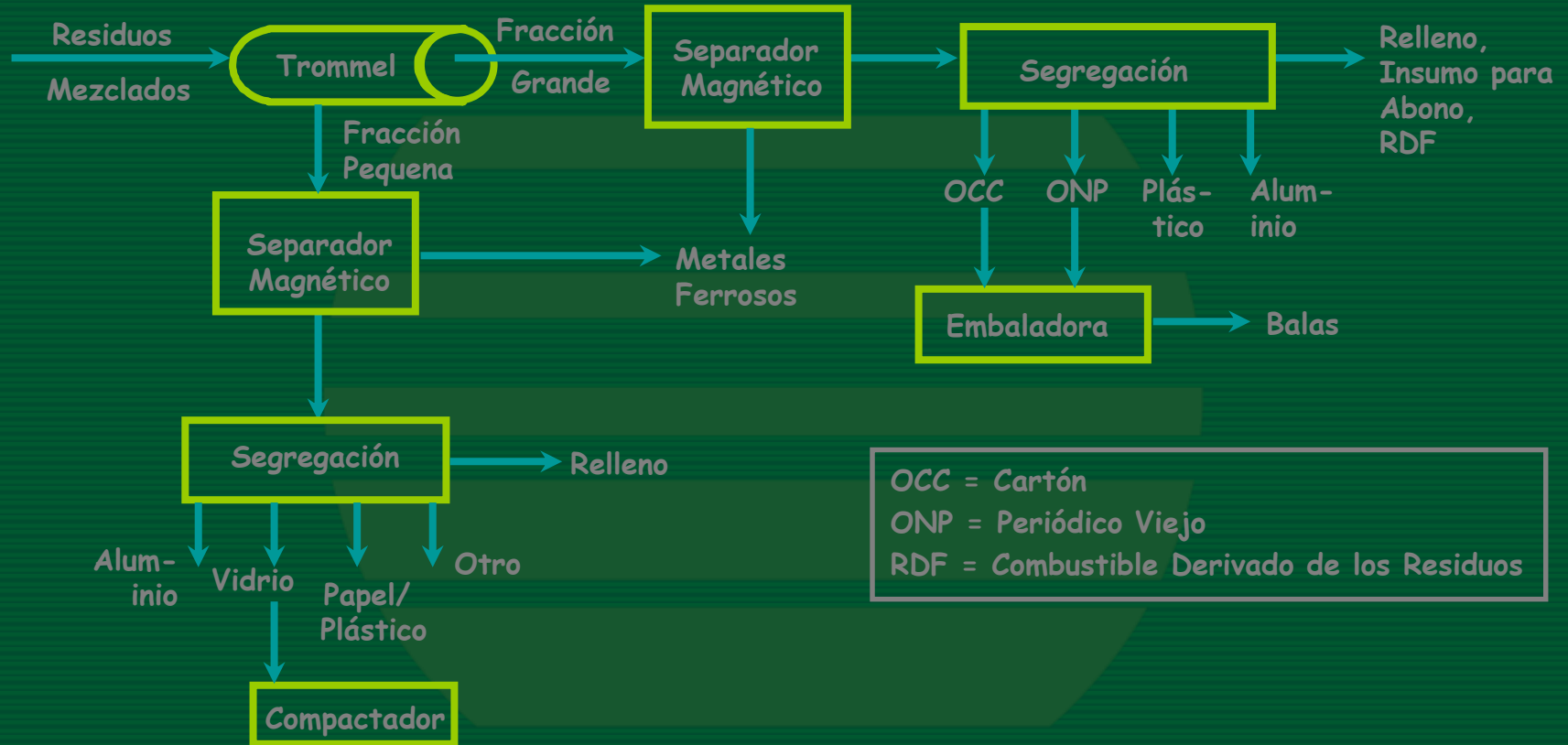
Proceso Alternativo

# Flujo y Balance de Masa para la Recuperación de Recipientes Mezclados (Tecnología Baja)

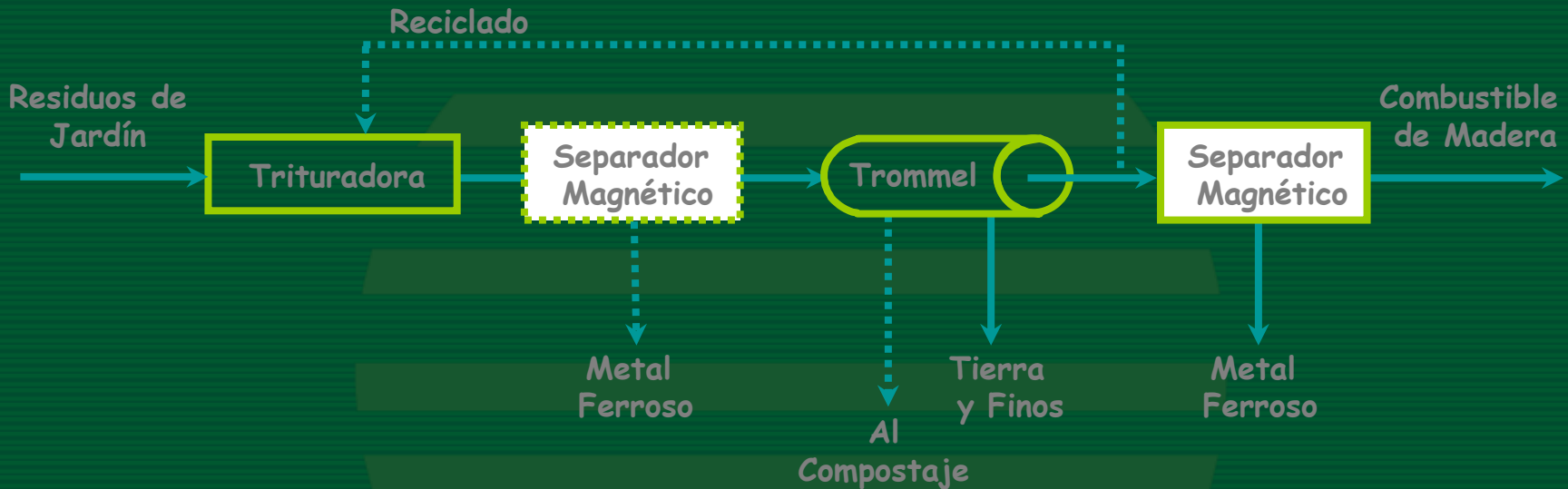


Cantidades en TPD

# Proceso para la Recuperación de Materiales de los Residuos Mezclados



# Procesamiento de Madera y de Residuos de Jardín





# Proceso Básico de Explotación de un Botadero

