

*GRAL 2015*

*Antigua Guatemala, Guatemala Junio 23 al 26, 2015*

# **Tendencias Globales en el Manejo de los Residuos Sólidos**

L.F. Diaz  
CalRecovery, Inc.  
Concord, California USA  
Earthgreen, SA  
Quito, Ecuador

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

**CalRecovery**

# Indice

- Introducción
- Manejo de los Residuos
- Tendencias Globales
- Resumen
- Conclusiones

# Introducción

- La población mundial llegó prácticamente a 7 billones de personas en el 2014
  - Población Urbana 3.6 billones
  - Población Rural 3.4 billones
- Se espera que la población mundial llegue a 9.3 billones en el 2050
  - Población Urbana 6.3 billones
  - Población Rural 3.0 billones

# Introducción (cont')

- Existe una gran falta de conocimiento sobre el adecuado manejo de los residuos a nivel mundial



# Implicaciones de la Falta de Conocimiento sobre el Manejo de los RS

# Asia -- Filipinas

- Manila en los 1980s



# Botadero después de su Clausura



# Asia -- Filipinas



Payatas -- Manila, antes del deslizamiento



# Asia -- Filipinas



Payatas -- Manila, después del deslizamiento

# **Evolución del Manejo de los RSM durante los Ultimos 40 años**

# Inicio de los Programas de Reciclaje para la Recuperación de Recursos Segregados en la Fuente (3Rs)



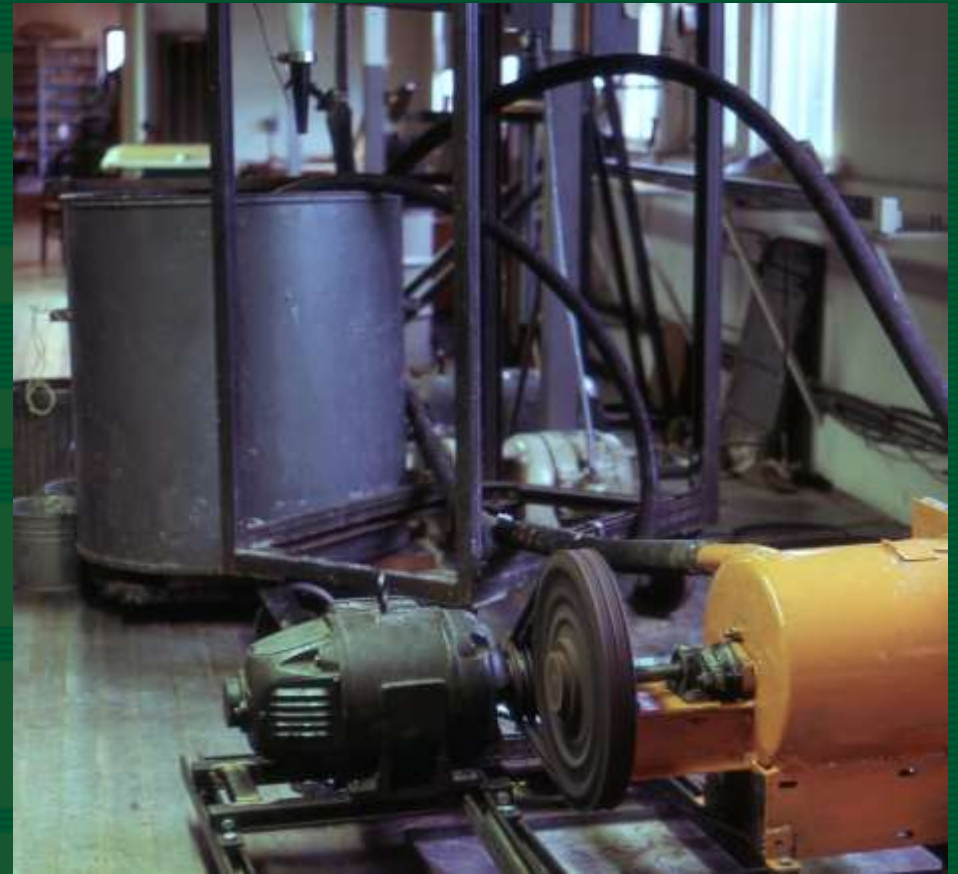
El Cerrito, California  
~ 1972

# Trabajo en la Universidad de California -- RFS



# UC Berkeley -- RFS Compostaje





CanRecovery

# UC Berkeley -- RFS

## Recuperación de Pulpa de Papel





Call Recovery



# Enfasis en la Reducción de Personal en el Proceso de Recolección



# Inicio de los Programas formales de la Recolección de Materiales Segregados en la Fuente



# Tratamiento de los Residuos

# Tipos de Tecnologías Generales

- Fisicoquímico
- Térmico
- Biológico

## Fuentes:

Diaz, L.F., G.M. Savage, and C.G. Golueke, *Resource Recovery from Municipal Solid Wastes*, Volume II, CRC Press, Inc., 1982

Bilitewski, B., et al., *Waste Management*, Springer, Berlin, 1994

# Procesos Fisicoquímicos

- Una gran variedad de estrategias pueden ser usadas para recuperar y producir:
  - Diferentes materiales (productos de papel, metales, plásticos, y otros)
  - RDF/SRF (Combustibles derivados de residuos)
  - d-RDF (Combustibles derivados de residuos-densificados)
  - combustibles líquidos
- Hidrolisis acida

# Procesos Fisicoquímicos

- Los procesos unitarios mas comunes son:
  - Trituración
  - Clasificación por aire
  - Cribado
  - Separación Magnética
  - Separación por Gravedad
  - Separación por ondas Infrarrojas, etc.

# Procesos Térmicos

- Combustión
- Gasificación térmica (condiciones sub-stoiquiometricas)
- Pirolisis (ausencia de aire/oxigeno, temperatura, presión)
- Arco de Plasma
- Hidrolisis térmica

# Procesos Biológicos

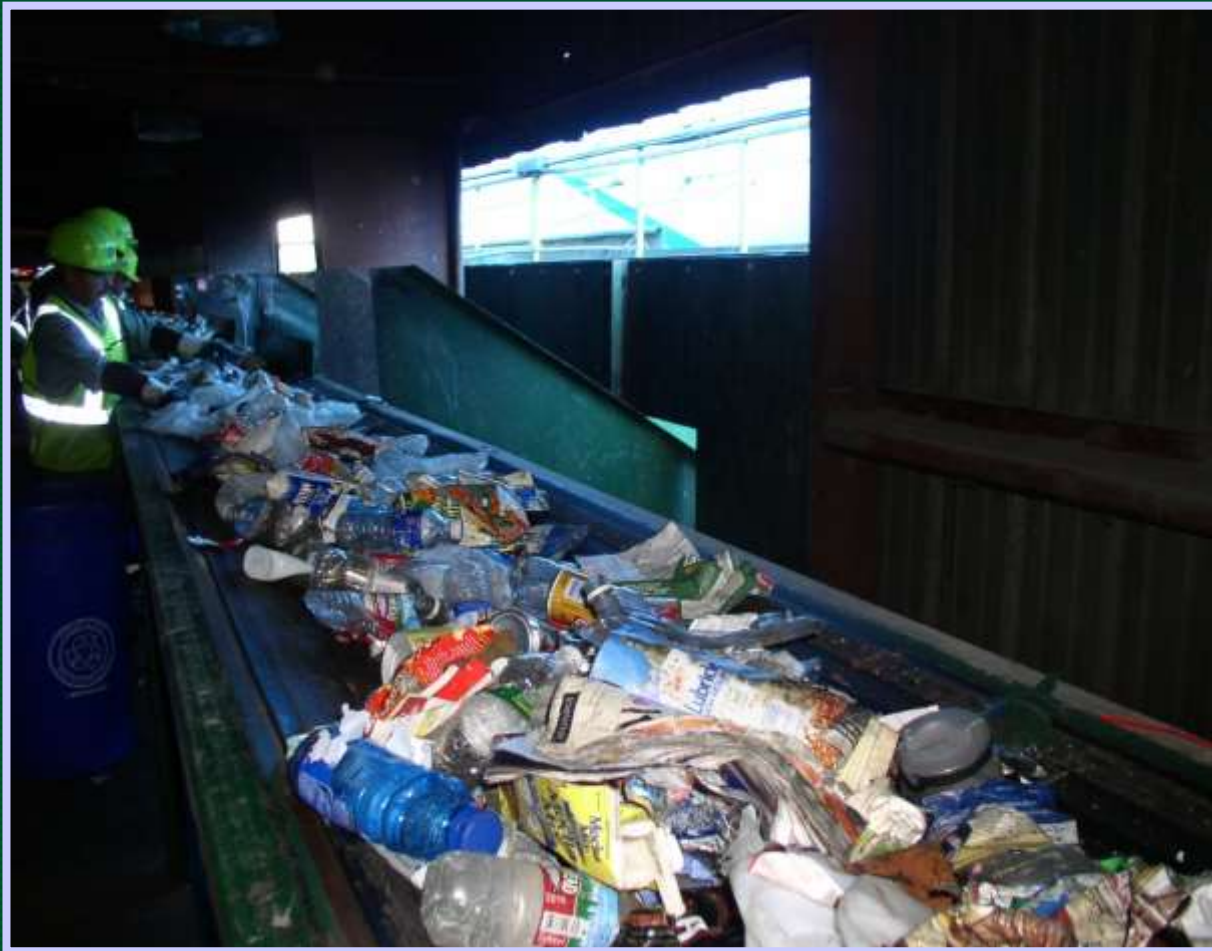
- Digestión Anaeróbica :
  - En rellenos sanitarios
  - En reactores:
    - Húmeda (5 a 15% ST)
    - Seca (>15 % ST)
- Hidrolisis Enzimática
- Producción de hidrogeno



# 1980s a 2000s

- EPA promulga nuevos criterios de RS para ser puestas en práctica por los Estados (1991)
- Desempeño de Nuevas Fuentes y Pautas para Emisiones que requieren que el biogás sea captado (1996)
- La primera planta para la producción de energía a partir del biogás es construida
- **Legislación tributaria** que brinda crédito para impulsar el desarrollo de proyectos de biogás para la producción de energía es aprobada

# Introducción Plantas para la Recuperación de Materiales a Gran Escala (procesando RSM mezclados)



# Desarrollo del Interés en Conversión Térmica y la Aplicación de Varios Diseños Europeos



# Establecimiento de Instalaciones para el Compostaje de Residuos de Jardín y de Comida (California)



# UE – Tratando de Incrementar Los Niveles de Desvío de los RSM de los RS

- Importancia de una correcta gestión de los residuos biodegradables
- Impacto de los residuos biodegradables en los rellenos sanitarios
- Introducción de varias **iniciativas legislativas** en los países europeos
- Efectos de la legislación sobre los requisitos de pre-tratamiento de RSM

# Directiva sobre Rellenos Sanitarios

- Se puso en efecto en Julio de 1999
- Fue la primera directiva en definir residuos biodegradables
- Fija metas de desvío de residuos de los rellenos sanitarios
- Fija excepciones para países que disponían de, por lo menos, el 80% de sus residuos en rellenos sanitarios en el año 1995

# Tecnología

- Procesos más comúnmente utilizados para el tratamiento de residuos biológicos y para cumplir con los requisitos de la UE:
  - combinaciones de procesos biológicos
    - digestión anaeróbica y compostaje
  - aumento de la capacidad de plantas en la UE desde 1990 hasta 2000:
    - compost: de 2 millones de toneladas a cerca de 16 millones de toneladas
    - DA: de 0,1 millones a aproximadamente 1,0 millón de toneladas

# Sistemas de Digestión Anaerobia

- Sistemas utilizados:
  - Alta concentración de sólidos ( $> 15\%$  ST)
  - Baja concentración de sólidos ( $< 15\%$  ST)



# Reactor Anaerobio (Proceso Húmedo)



Extracción del Líquido

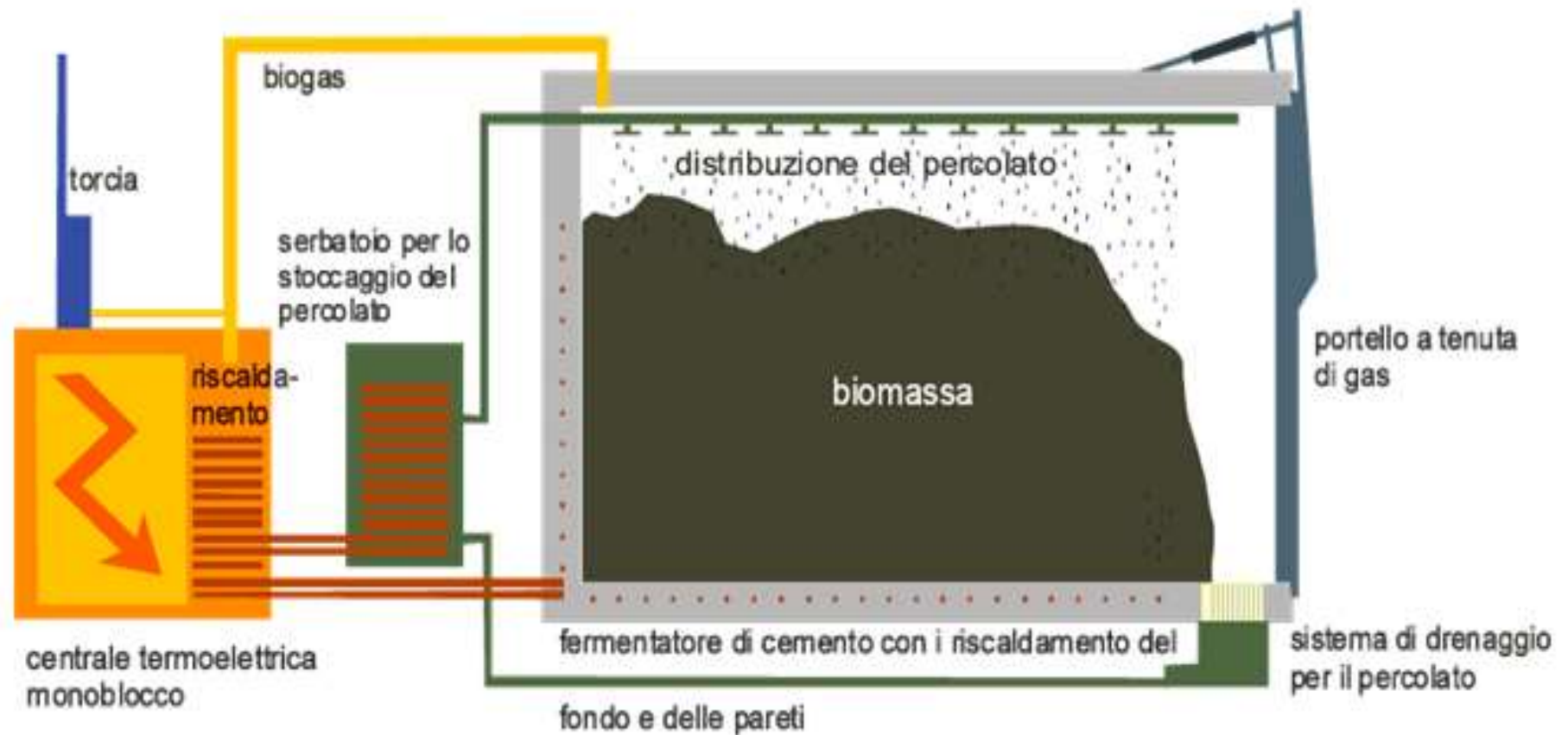


Digestores para Procesar  
el  
líquido

# Fracción Sólida: Compostaje



# DIGESTION ANAEROBICA en "SECO"



Fuente: A. Chiumenti

# DIGESTION ANAEROBIA en “SECO”



# DIGESTION ANAEROBIA en “SECO”



# Digestión Anaerobica tipo Túnel (Digestión en Seco)



Digestor tipo Tunel



Tanque para almacenar liquido  
de recirculación

# Manejo de Residuos Orgánicos en Europa

- Residuos orgánicos potenciales en la UE15
- Tratadas :
  - 11 millones de tones bioresiduos y 7 millones ton de residuos de jardinería
  - 3.5 millones de ton a DA
- Todas las plantas procesan:
  - ~42%
- >8.5 millones de ton de compost

# Sistemas de Compostaje

- Tipos de sistemas usados:
  - Pilas aireadas estáticas
  - Pilas aireadas con procesos mecánicos
  - Sistemas contenerizados
- Aproximadamente el 70% de la materia orgánica en Alemania es convertida en compost en reactores



# Rennerod, Alemania



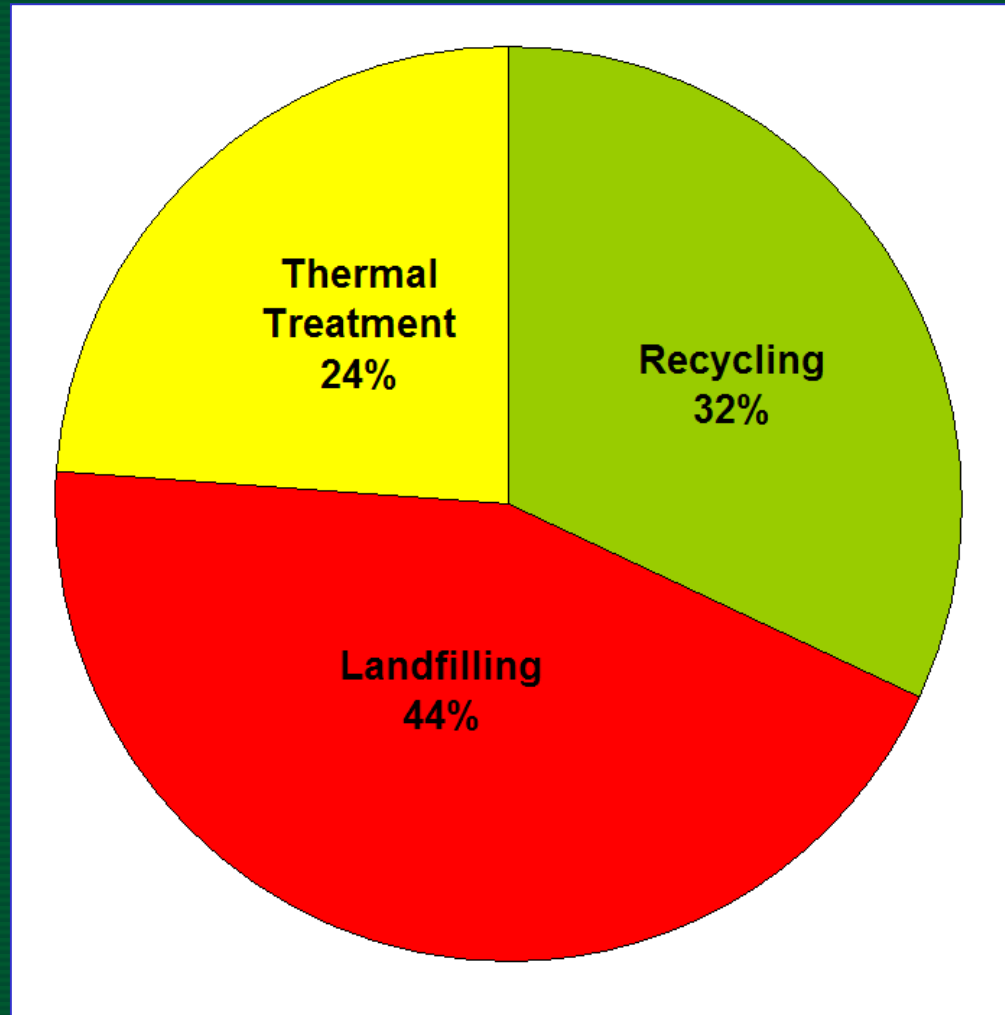
# Rennerod – Cargando una Unidad de Compostaje



# Poessneck - Interior de una Unidad de Compostaje



# Tipo de Tratamiento de los RSM en Europa (2004)



# Manejo de los RSM en 32 Países Europeos (2014)

- Reciclaje..... 35%
- Incineración..... 18%
- Relleno Sanitario..... 43%
- Otros..... 4%

# Tasas de Disposición en Rellenos Sanitarios en 32 Países Europeos (2010)

Seis de los 32 países encuestados reportan tasas de disposición en rellenos menores al 40%:

- Holanda,
- Alemania,
- Suecia,
- Bélgica,
- Dinamarca, y
- Luxemburgo

# Incineración en la UE



- Mas de 50 millones de toneladas de RSM tratados en mas de 400 plantas producen:
  - >20 millones de MWh de electricidad
  - ~50 millones de MWh de calor
- Se producen >13 millones de toneladas de CDR o RDF SRF

# Incinerador Moderno en Sapporo, Japon (2003)





# Numero de Instalaciones

- Se estima que existen aproximadamente 2,000 instalaciones de incineración a nivel mundial

# Gasificación Térmica

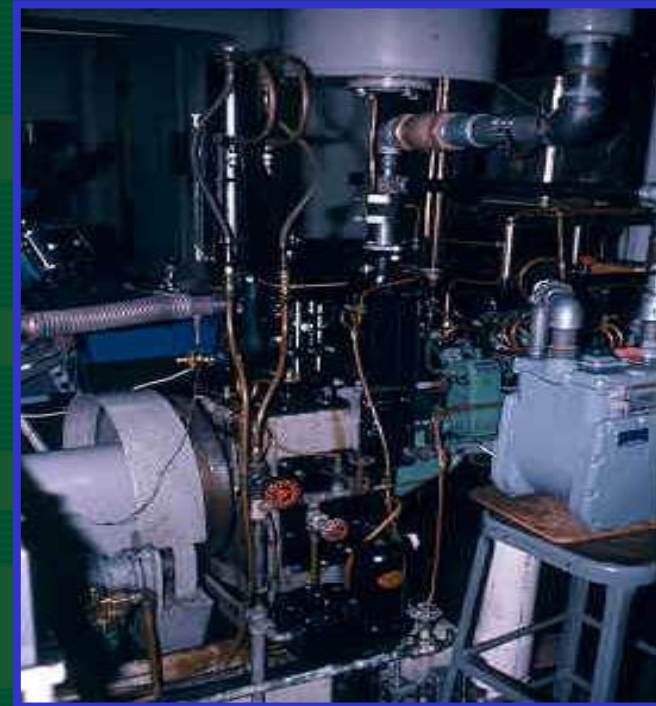
- Se descubrió al inicio del siglo 19
- Conversión de la fracción orgánica de los residuos o de biomasa a una mezcla de gases combustibles a través de oxidación parcial a temperaturas elevadas (400 a 1500 °C)



# Gasificación

- El Carbón en los residuos o en la biomasa reacciona con el vapor y con el oxígeno (del aire) en condiciones substoiquiometricas
- Se produce lo que se conoce como "singas" y se puede usar para:
  - La producción de energía en motores de combustión interna o en turbinas
  - Producción de químicos
  - Producción de hidrogeno

# Motor de combustion interna usando Singas



Reactor (der) y acondicionador de gas (iz)    Motor y Dinamometro

# Cilindro y Válvulas del Motor después de Pruebas

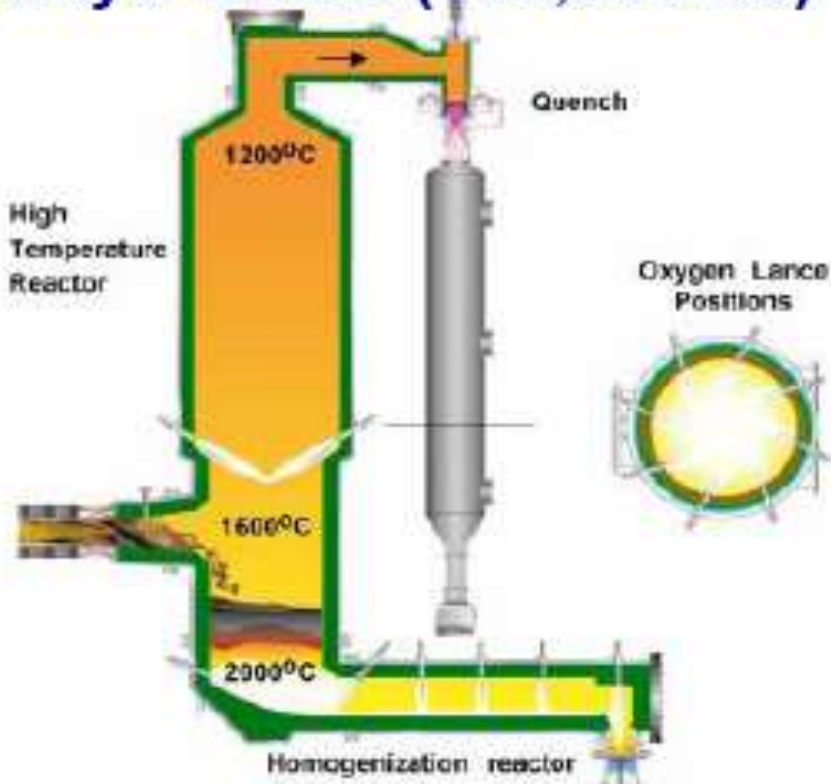


# Motores usando Singas



# Thermoselect

Commercial Plants erected in  
Karlsruhe (225,000 t/a) and  
Tokyo-Chiba (100,000 t/a)



# Pirolisis

- Reacción endotérmica de la fracción orgánica de los residuos, biomasa, o residuos líquidos en la ausencia de oxígeno y a temperaturas y presiones elevadas
- La materia orgánica se transforma a gas, líquido y un sólido
- El tipo de material tratado, la temperatura y la presión afectan las tasas relativas de gas, líquido, y sólido

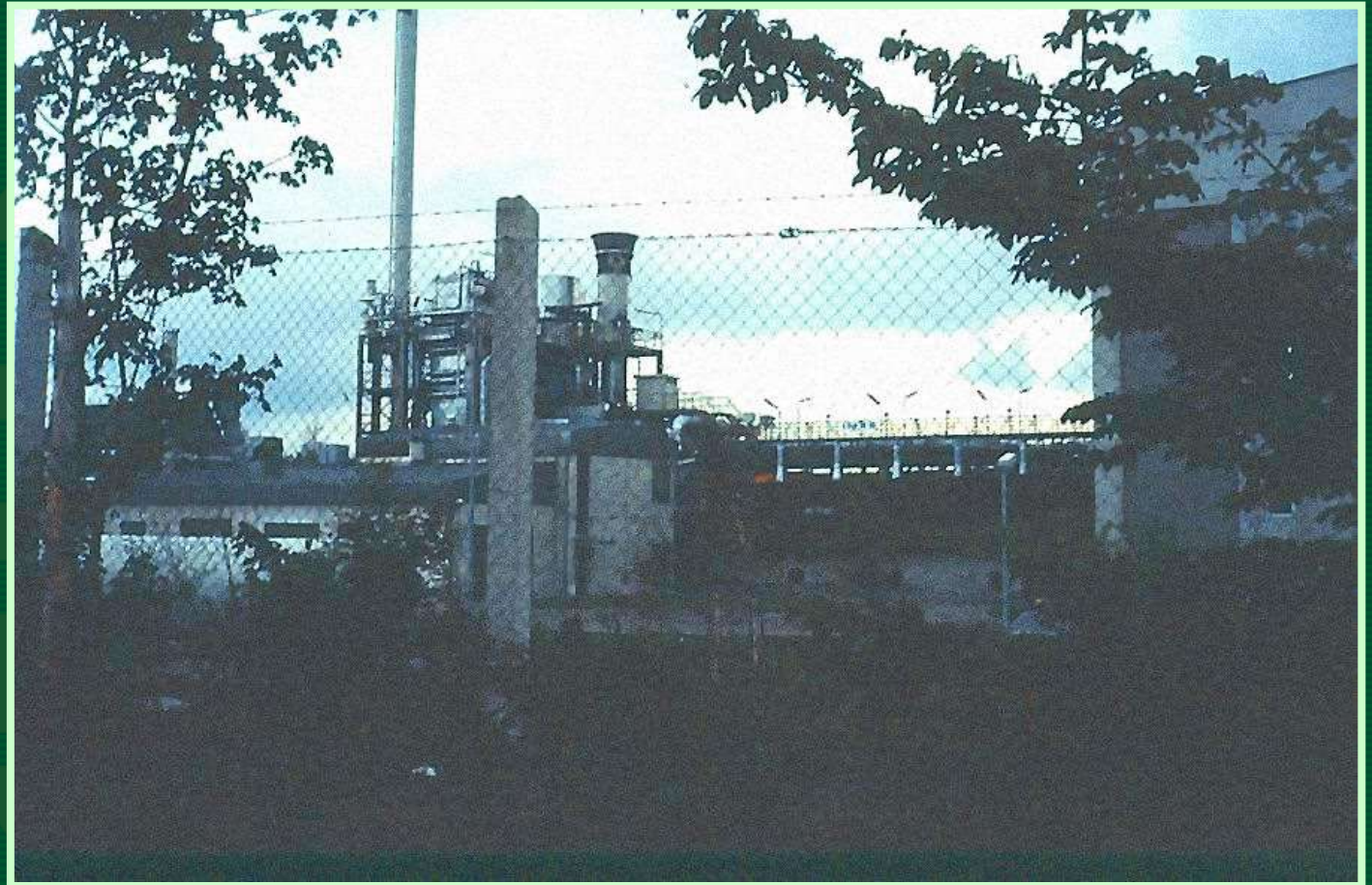


# Pirolisis

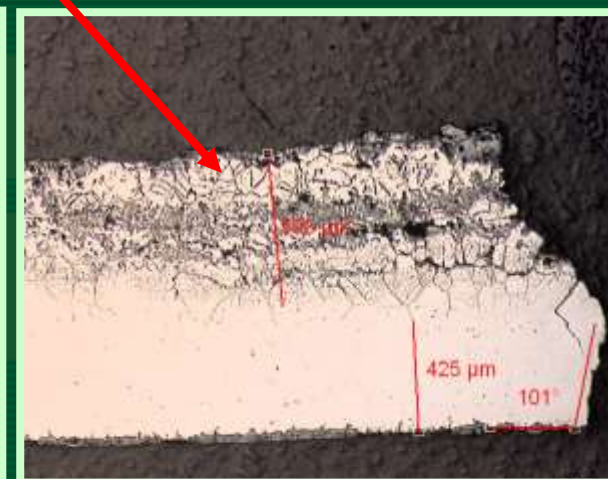
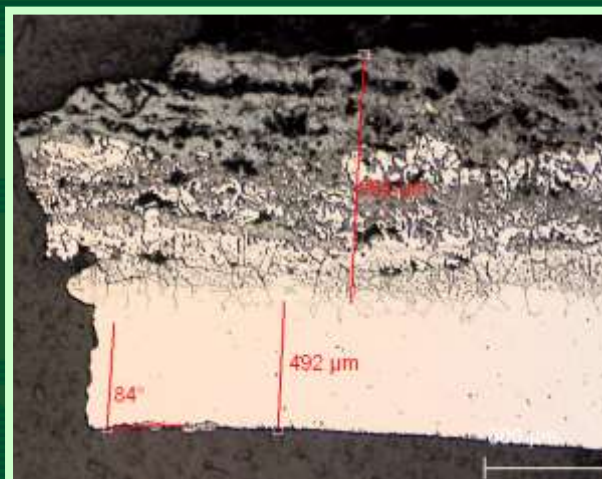
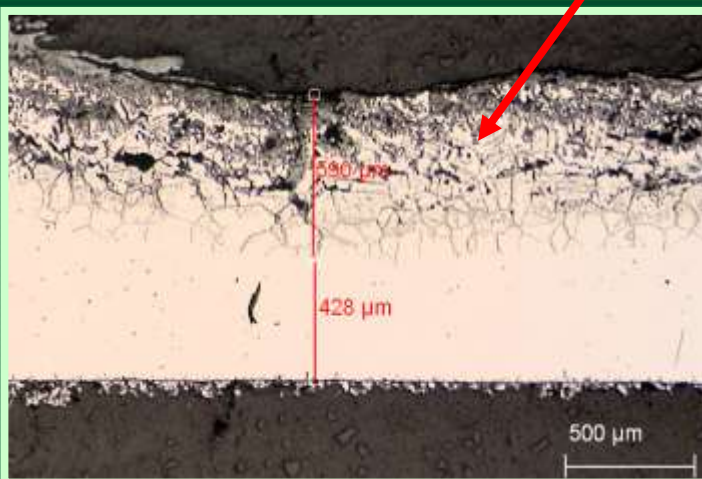
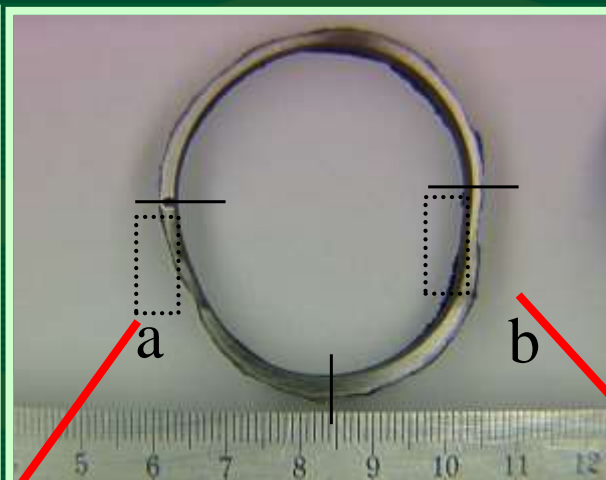
- Se han operado varias plantas piloto
- La confiabilidad y la madurez de la tecnología no ha sido demostrada a escala comercial usando residuos solidos mezclados
- Principales problemas: manejo de los residuos solidos que se producen, purificación del gas, calidad del combustible liquido, las emisiones atmosféricas

# Planta de Pirolisis en Burgau, Alemania en Operación desde 1984

**Entrada: 18 t/hr**  
**Gas: ~ 55 MW**



# Oxidación de Tubos de Transferencia de Calor



# Pirolisis (o Gasificación) y sistema para derretir cenizas en el Japón



*Gasificación*

Source:  
Matsuto, T

Recovery

# Escoria y Metal en el Japón



Mas de 150 sistemas para "derretir" cenizas en el Japon en el 2014

Source: Matsuto, T.

# Plasma

- Es un gas ionizado
- Considerado por algunos como “el cuarto estado de la materia”
- Por ejemplo –moléculas de agua:
  - Bajo 0°C ----- Solido (p.e., hielo)
  - Sobre 0°C ----- Liquido (agua)
  - Sobre 100°C ----- Gas (vapor)
  - Sobre 5,000 to 10,000°C ---- Plasma (gas ionizado)

# Plasma

- Energía que se agrega causa que átomos neutros se dividan
- Cuando los átomos se dividen, se forma un plasma
- Se necesita alto voltaje para generar un arco eléctrico, dos electrodos (cátodo y ánodo) y gas (helio, aire)

# Aplicaciones Comerciales de Plasma

- Soldadura y corte de metales
- Calderas para fundir metales
- Tratamiento de algunos residuos peligrosos y radioactivos



# Ejemplos de Sistemas de Plasma para el tratamiento de residuos

## Tratamiento de Residuos Radioactivos



Tratamiento de Cenizas



# Plasma – Aplicación a Residuos Sólidos Municipales

- Algunas empresas proponen “gasificar” los residuos para generar electricidad
- Algunas empresas:
  - Recovered Energy
  - PyroGenesis
  - Startech
  - Geoplasma
  - Plasco Energy
  - Otras
- Proceso para residuos mezclados???

# Hidrolisis Térmica

- Cuando es aplicada al manejo de los residuos solidos es un proceso en dos fases las cuales combinan: 1) calentar los residuos a alta presión seguido por 2) descompresión rápida.
- Las condiciones operativas son: aprox. 160 C, 10 bar por 30 minutos
- Esto esteriliza los residuos y los hace mas biodegradables, y por lo tanto el material es atractivo para un proceso de digestión anaeróbica
- Ha sido aplicada para el tratamiento de lodos

# Sostenibilidad en el Manejo de los RSM

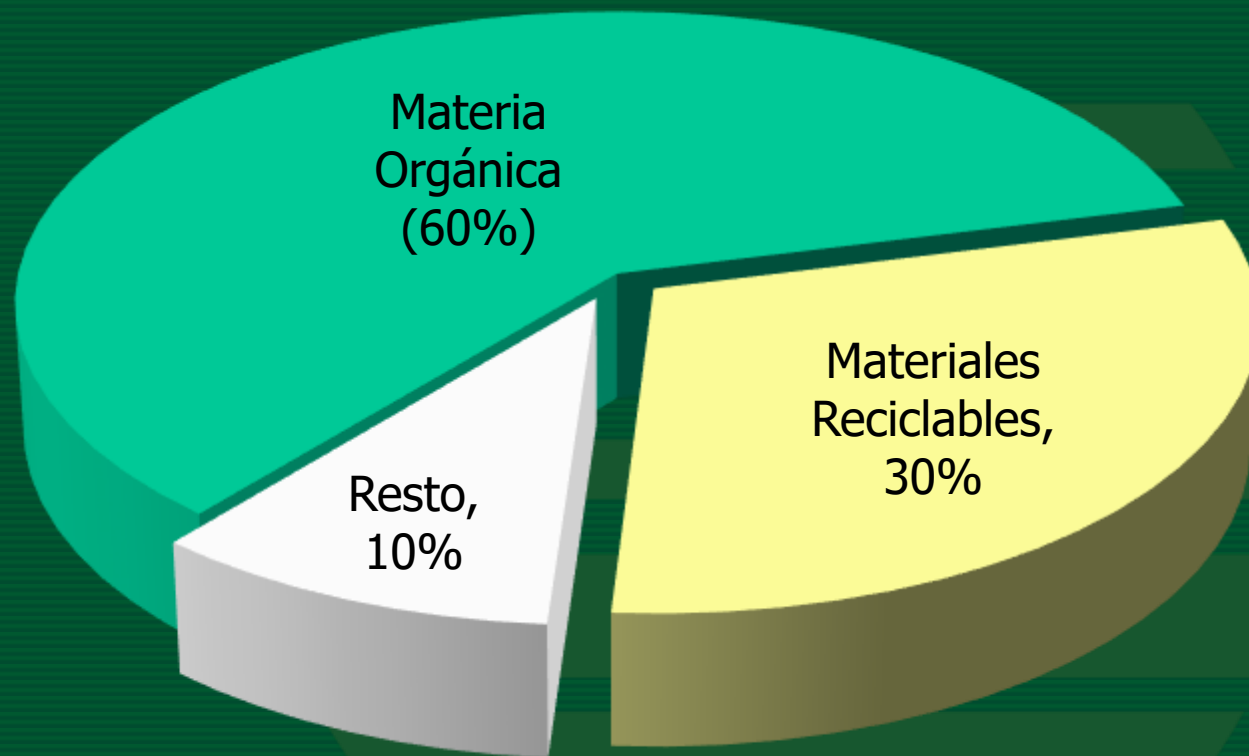
- La sostenibilidad es un importante criterio en la selección de tecnología relacionada con los RSM
- Actualmente estamos pasando por una transición de esencialmente disposición en la tierra a la minimización, reciclado y otras tecnologías
- Sin embargo, todavía estamos tratando de determinar si los pilares de la sostenibilidad se aplican correctamente





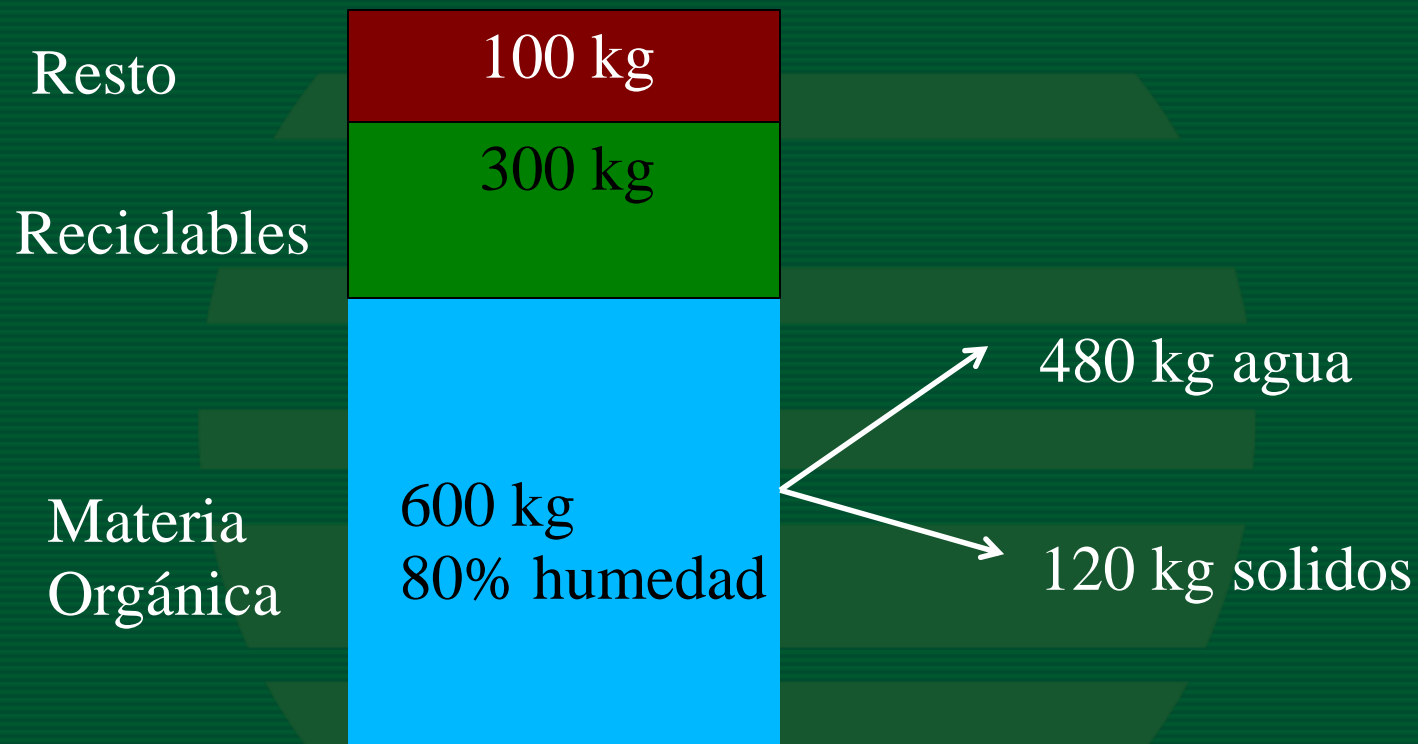


# Composicion Promedio de los RSM en America Latina y el Caribe





# Composición de 1,000 kg de RSM en Países en ALC



1000 kg de residuos

# Posibles Soluciones

- Incrementar el reciclaje de los materiales “secos” de manera formal (inclusión de los recicladores en la gestión)
- Tratamiento de la materia orgánica
- Debido a las características de la MO, las tecnologías mas apropiadas son las biológicas
- Soluciones in-situ (o cerca del punto de generacion) por medio de compostaje resultan en varios beneficios e importantes ahorros
  - Menos costos de transporte
  - Incrementa la vida util del relleno
  - Menos generacion de biogas y de lixiviado, etc.

# Conclusiones

- Información limitada o contradictoria para la toma de decisiones de gestión importantes
  - Se necesita información fiable, con base científica
- Veracidad en la notificación de los resultados de los programas

# Conclusiones

- Estrategias utilizadas por la mayoría de los países industrializados:
  - minimización de residuos
  - Reciclaje (incluido el tratamiento biológico)
  - desviación de materiales de los vertederos - ahora tratando de procesar los residuos "resto"
  - Incineración (para el "resto") – en varios casos para la producción de calor

# Conclusiones

- Estrategias usadas por países en vías de desarrollo:
  - Reciclaje informal
  - Disposición final en el suelo

# Claves para el Exito

- Fuerza de voluntad política para resolver el problema de los residuos sólidos
- Desarrollo de planes realistas:
  - Tecnología adecuada (selección del sitio, diseño de instalaciones)
  - Recursos disponibles (humanos y financieros) para tener operaciones sustentables
  - Disponibilidad de usos/mercados (calidad del producto)

# Claves para el Exito

- Establecimiento de buenos sitios para la disposición final
- Establecimiento de
  - una politica nacional
  - un marco legislativo
  - un plan tarifario y
- Finalmente

# Claves para el Exito

- Educación
- Educación
- Educación





**Muchas gracias por su  
Atención**