



**Govern
de les Illes Balears**

JORNADA TÉCNICA SOBRE VALORITZACIÓ ENERGÉTICA DE RESIDUS

Per
Xavier Elias

Director de la Borsa de Subproductes de Catalunya

Palma de Mallorca, 17 de gener de 2012



**Govern
de les Illes Balears**



Els RSU.

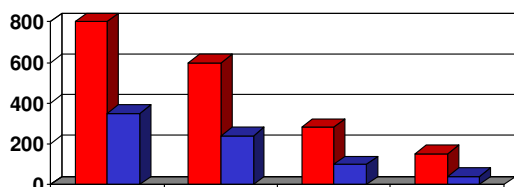


GENERACIÓN DE RSU Y PIB

En todas las sociedades a medida que aumenta la renta per capita disponible, la generación de residuos urbanos (RSU) va en aumento.

El gráfico muestra la correlación entre el PIB per capita y la generación de RSU.

En España (24.000 €/año), la generación de RSU esta en torno a 550 kg/h·año

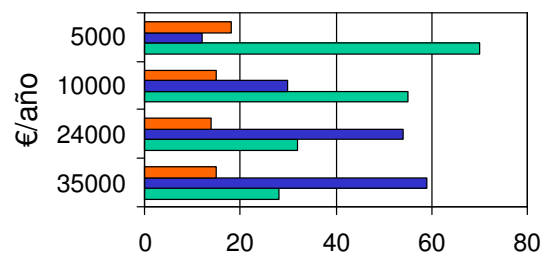


■ Generación kg/ha año ■ PIB per capita (€x100/año)

LAS CARACTERÍSTICAS DEL RSU SEGÚN EL PIB

En función del desarrollo del país y de la renta per capita disponible, la caracterización del RSU varía en el siguiente sentido:

- A menor PIB, mas fracción fermentable.
- Ello hace que:
 - Las posibilidades de tratamiento sean menores.
 - El impacto ambiental mas importante.



■ Fermentable ■ Combustible ■ Inertes

EL VERTIDO EN LOS PAÍSES DE LA UE

El vertido es la opción mayoritaria en España. Ver en tabla adjunta los datos (2009) publicados por Eurostat.

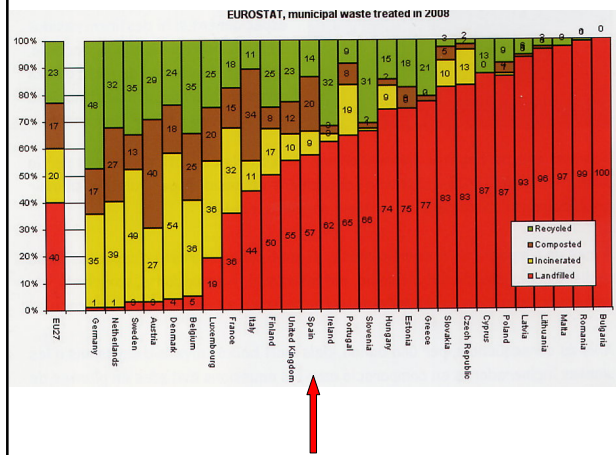
En España tan solo Cataluña paga una tasa de vertido de RSU, de 10€/t. Previsiblemente estos instrumentos financieros se extenderán paulatinamente al resto de España en los próximos años, incrementándose el precio de vertido y las restricciones del vertido de RSU, tal y como lleva ya años ocurriendo en el norte de Europa.

País	Vertido	Valorización energética	Reciclaje+ compostaje
Alemania	1%	35%	64%
Reino Unido	57%	9%	34%
Francia	34%	36%	30%
Bélgica	4%	34%	62%
España	60%	10%	30%

INCINERACIÓN Y RECICLAJE.

Tal y como muestra el gráfico, los países europeos que mas incineran son también los que mas reciclan.

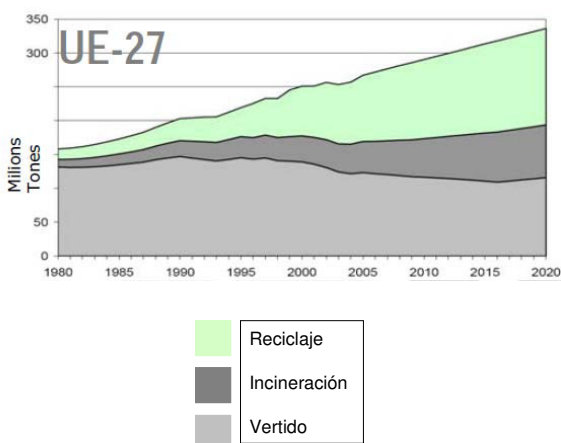
La Directiva marco de residuos 98/2008 en su artículo 11 fija, para 2020, un 50% de reciclaje y reutilización de los RSU. Con la fracción restos lo mas aconsejable es la valorización energética.



PREVISIÓN DE TRATAMIENTO DE LOS RSU

Según las previsiones de la UE, en un futuro próximo el vertido seguirá siendo una práctica muy importante en la UE.

Por el momento, algo mas del 55% se elimina en vertedero.



ESTRATEGIAS DE LA UE FRENTE AL VERTIDO: EL ACV

Para conseguir los objetivos que se señalan en la Directiva Marco (2008/98) y en la Directiva sobre Vertido (1999), se propone trabajar en dos frentes:

- El pretratamiento de la fracción fermentable.
- Los análisis de ciclo de vida de los gases CH₄ y CO₂ en los vertederos.





Els residus industrials.

LOS PLÁSTICOS

Reciclado mecánico

Lavado, triturado y extrusión (prensado). Tiene un coste relativamente elevado.

Sirve para fabricar componentes para mobiliario urbano, vallas, tuberías o material de embalaje.

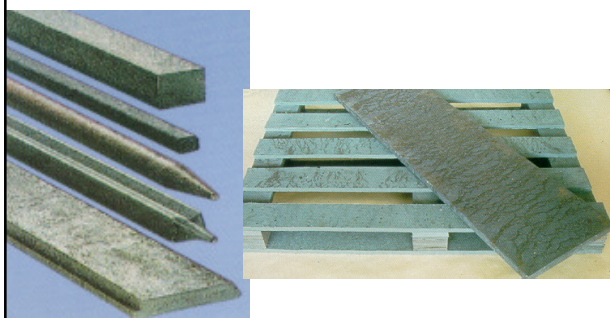
Reciclado químico

Intenta reconvertir los plásticos en sus monómeros originales. Se utilizan métodos térmicos de calentamiento para romper los enlaces de las largas cadenas de polímeros.

La gasificación y la hidrogenación son las que tienen mejor futuro.

Reciclado energético

En la mayoría de países el sistema de valorización energética es la incineración. En otros se usa como combustible en las cementeras.



PAPEL Y CARTÓN

La tasa media de recuperación en Europa es del 43,5%.

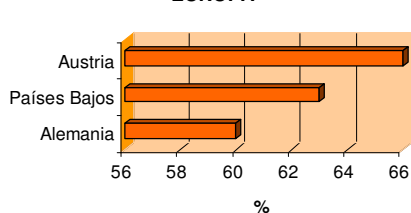
Problemas que complican (o impiden) el reciclaje:

- Embalajes multicapa.
- Inestabilidad en los precios de recogida.
- Competición económica con la incineración. Precios muy bajos de vertido.
- El papel de los RSU no se puede reciclar.
- Hay que mejorar las técnicas de destintado, sobre todo el tipo de tinta.
- A medida que se recicla hay que añadir fibra virgen.

En las papeleras se generan grandes cantidades de fangos.

La elaboración de la pasta de papel consume de 1.400 ÷ 2.500 kW-h/t según la tecnología usada. Las aguas residuales de las papeleras son del orden de 20m³ de agua por tonelada y contienen 7 kg/t de sólidos en suspensión con una DQO de 55 kg/t.

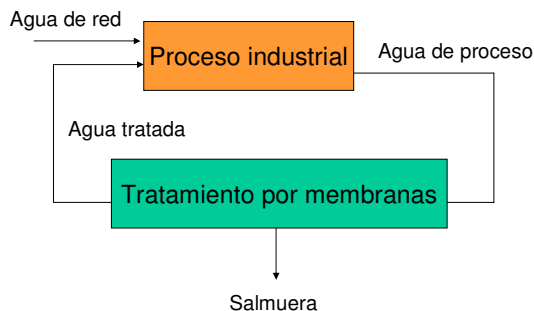
TASA MEDIA DE RECUPERACIÓN EN EUROPA



 **RESALT TECH**
LIFE Medio Ambiente Project (LIFE 08 ENV/E/133)
Inicio: 1 Enero 2010 / Final: 31 Diciembre 2012
**Tratamiento del rechazo salino:
Tecnología medioambiental
usando un residuo como
fuente energética**
www.resalttech.com

RECHAZOS DE LOS PROCESOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES POR MEMBRANAS

En los procesos de reciclado de aguas residuales industriales es cada vez más frecuente el uso de membranas, en los que se genera un residuo salino muy difícil de tratar.

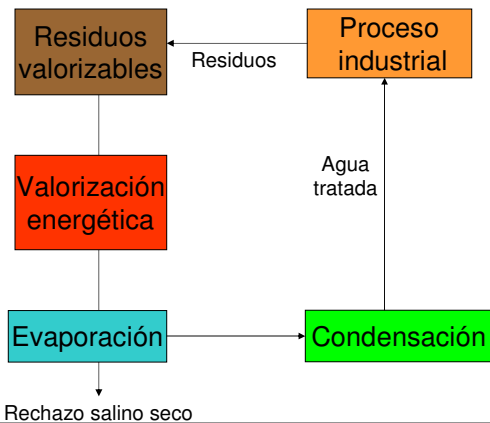



RESALT TECH
 LIFE Medio Ambiente Project (LIFE 08 ENV/E/133)
 Inicio: 1 Enero 2010 / Final: 31 Diciembre 2012
 Tratamiento del rechazo salino:
 Tecnología medioambiental
 usando un residuo como
 fuente energética
 www.resalttech.com

AIICA
 Agencia Catalana
 del Treball
 Generalitat de Catalunya
 Tecnomaq


EL RECHAZO DE LA ÓSMOSIS

Las papeleras generan una gran cantidad de residuos energéticamente valorizables que son la fuente de calor para la evaporación. En la fase posterior de condensación se recupera el agua.



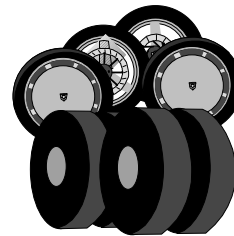
GOMA Y CAUCHO

En Centroeuroopa se incineran en los hornos de clínquer y, en Gran Bretaña, hay una planta termoeléctrica.

Una vez triturado, el neumático puede añadirse al firme de carretera bajo dos sistemas:

- **Vía seca:** con granulometría gruesa (máximo 1 mm). La goma substituye el árido (como máximo de un 3% en peso).
- **Vía húmeda:** con tamaño muy fino (< 0,7 mm) se añade a la fracción bituminosa. La cantidad a añadir es del orden del 10% en peso sobre la masa de betún.

En la actualidad el polvo de neumático puede costar de 0,3 ÷ 0,4 €/kg, lo que da una idea del incremento del coste de la carretera cuando se quiere valorizar.



Subproductos derivados del caucho o que contienen un elevado porcentaje de caucho

Látex Neumáticos

VIDRIO

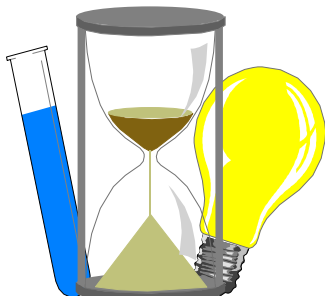
Es completamente reciclable y tantas veces como se quiera puesto que no se alteran las cualidades físicas. No pueden mezclarse los vidrios de diferentes colores.

El calcín, o cascote de vidrio, se introduce dentro del horno de fusión y permite reducir la temperatura de fusión. Este ahorro es del orden del 26%.

En los contenedores no se admiten bombillas enteras debido a los elementos metálicos que incorporan, utensilios de cerámica o porcelana y tapones de botellas.

La coloración:

Los cationes cromóforos tienen un gran poder de coloración. Así, a partir de un vidrio transparente un simple 0,005% (50 ppm) de cobalto lo torna azul.



CHATARRA Y ESCORIA

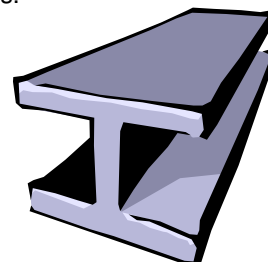
Metales ferrosos: es de las actividades más tradicionales. Al margen de la sostenibilidad, las razones más importantes para la valorización son:

- Ahorro de energía, comparado con la siderurgia.
- Ahorro de agua, mineral de hierro y coque.

En la UE se recicla cerca del 50% de la chatarra.

Escorias: se llama así a los materiales que quedan en la superficie de los hornos de fusión. Por su naturaleza suelen ser bastantes inertes y permiten ser reusados directamente. Por ejemplo, como subbase en explanadas y carreteras.

Vehículos fuera de uso: adquieren una gran relevancia puesto que además de la chatarra metálica, que puede representar el 70 ÷ 80% en peso de un vehículo fuera de uso, contienen gran cantidad de otros materiales muchos de ellos altamente contaminantes.

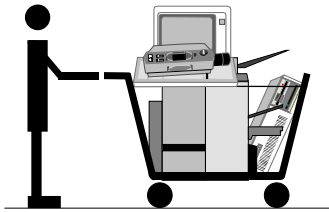


DIVERSOS

El sector electrónico se subdivide en tres: Manufactura de componentes electrónicos. Entre ellos los circuitos integrados presentan una fuerte problemática con los disolventes.

Productos intermedios como: pantallas de TV y PC's, lámparas y aislantes para cableados, baterías, acumuladores, etc. Cada uno de ellos presenta una problemática específica cuando se convierte en residuo. Así los tubos de rayos catódicos tienen un vidrio con mucho Ba, otro con Pb y el cono contiene metal (Cu) para la conexión. Todo ello implica que el reciclado sea delicado.

Aparatos completos. En su mayor parte precisan un sistema complejo de reciclaje. Así los plásticos de los PC's contienen PBrB's para convertirlo en un material ignífugo y, por lo tanto más seguro, sin embargo transforma al plástico en un material tóxico.



Govern
de les Illes Balears



Biomasses residuals.



LA BIOMASA EN LA UE

Según el Instituto Forestal Alemán, el 42% de la superficie de la UE es bosque.

En el caso de Cataluña el porcentaje es del 69%.

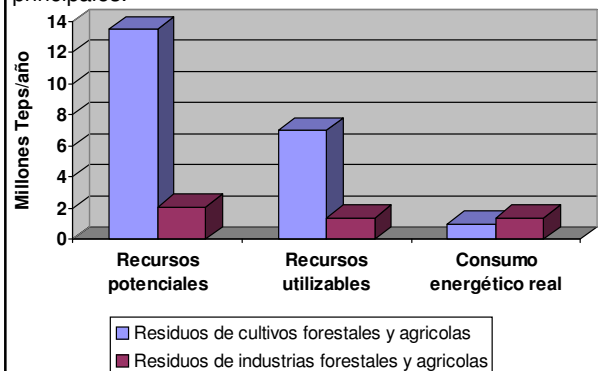


CLASIFICACIÓN DE LA BIOMASA

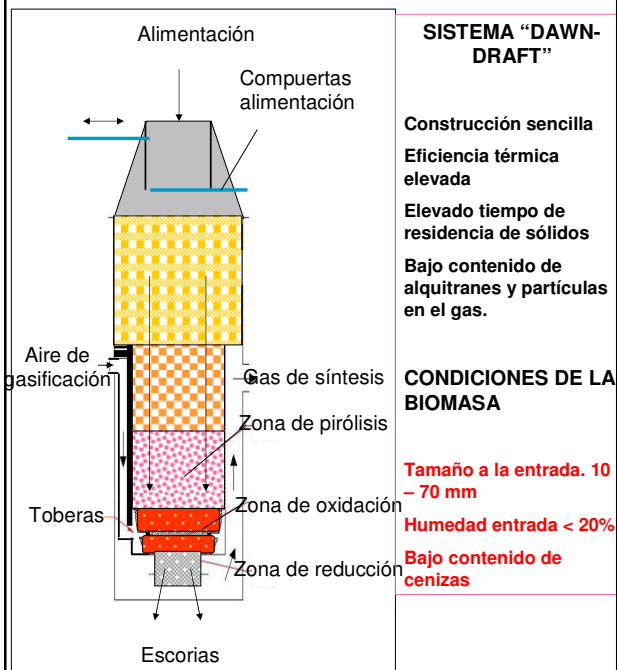
Biomasa primaria: Esta constituida por los residuos y desechos agrícolas y forestales. Aunque también deberían incluirse los residuos ganaderos. Las explotaciones forestales dejan sobre el bosque gran cantidad de residuos.

La figura esquematiza esta producción y cifra los recursos potenciales junto a los recursos utilizables, mucho más reducidos y los recursos que realmente se utilizan, que escasamente llegan al 10 % de los recursos potenciales.

Biomasa secundaria: Corresponde a la biomasa residual procedente de las industrias agroalimentarias y forestales una vez se han elaborado los productos o materiales principales.



GASIFICADORES PEQUEÑOS PARA ENERGÍA TÉRMICA O ELECTRICA



PLANTA DE GASIFICACIÓN

La foto muestra una planta de gasificación de biomasa agrícola, en California, para la generación de electricidad.

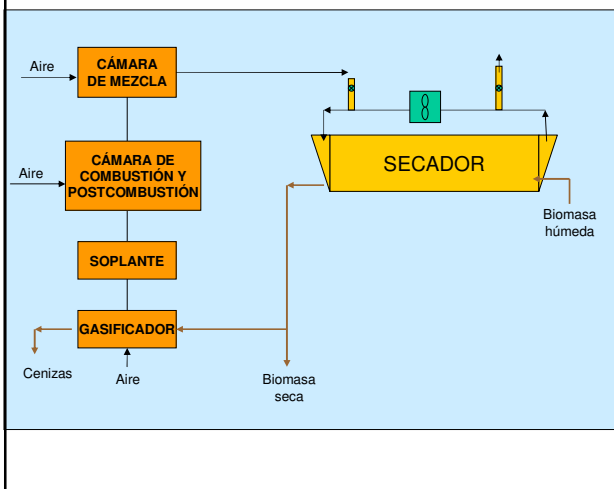
Es de destacar que solo se hallan cubiertos el silo de biomasa y el motor de cogeneración.



VENTA DE BIOMASA SECA A PARTIR DE PODAS URBANAS

El material de poda contiene mucha humedad y el secado es caro.

Existe la posibilidad de gasificar la biomasa y usar una parte del calor para secar y vender pellets y/o biomasa seca.




Govern
de les Illes Balears



Els CDR.


Institució de subvencions
en agricultura

RENDIMIENTO RSU/CDR

En España, con un RSU con la caracterización mostrada en la tabla, se puede alcanzar un ratio de transformación RSU/CDR = 50%.

CARACTERIZACIÓN COMPARATIVA DE LOS RSU		
Composición fracciones RSU	X (Argentina)	Y (España)
Materia fermentable	47%	36%
Papel y cartón	14%	14%
Envases ligeros	9%	16%
Vidrio, cenizas, inorgánicos	10%	7%
Voluminosos, textil	20%	27%
TOTAL	100%	100%

En las tablas siguientes se muestra la forma de cálculo para, a partir de un RSU, obtener el ratio de transformación RSU/CDR.

Composición fracción	Plásticos	Papel/cartón	Textil	Madera	Metales	Impropios	Fermentable	TOTAL
Materia fermentable							100%	100%
Papel y cartón	40%	50%					10%	100%
Envases ligeros	70%	5%		25%				100%
Vidrio, cenizas, inorgánicos					100%			100%
Voluminosos, textil	80%	5%	8%	2%		5%		100%
TOTAL sobre RSU	28%	8%	2%	0%	2%	11%	48%	100%
TOTAL sobre CDR	73%	22%	4%	1%				38%

Materia fermentable							100%	100%
Papel y cartón	40%	50%					10%	100%
Envases ligeros	70%	5%		25%				100%
Vidrio, cenizas, inorgánicos					100%			100%
Voluminosos, textil	80%	5%	8%	2%		5%		100%
TOTAL sobre RSU	38%	10%	2%	1%	4%	8%	37%	101%
TOTAL sobre CDR	75%	20%	4%	1%				51%

CÁLCULO DEL PCI DEL CDR

Siguiendo con el ejemplo de obtención de la caracterización de un CDR a partir de un RSU, el ejemplo siguiente muestra, a partir de unas humedades corrientes, el cálculo del PCI de ambos CDR.

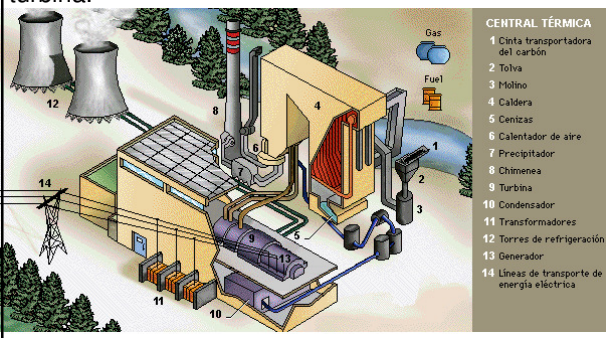
PCI (kcal/kg)	CDR	% Humedad	PCI util
7.500	73%	10,0%	4.867
4.200	11%	25,0%	331
4.500	4%	20,0%	145
4.400	1%	10,0%	41
5.000	11%	65,0%	150
	100%		5.383

CARACTERÍSTICAS DEL CDR ESPERADO		
Composición CDR esperado	X (Argentina)	Y (España)
Plásticos	73%	78%
Papel y cartón	11%	8%
Textil y orgánica	15%	13%
Madera	1%	1%
TOTAL	100%	100%
PCI útil esperado (kcal/kg)	5.383	5.577
Rendimiento conversión CDR/RSU	38%	50%

CDR PARA CENTRALES TERMOELÉCTRICAS

El proceso se inicia con la entrada del combustible, el más habitual es el carbón. Este se quema en el conjunto horno-caldera acuotubular. En esta se calienta el agua-vapor en un circuito cerrado, transfiriéndose la energía útil del combustible al vapor.

El agua-vapor, en circuito cerrado, sigue un proceso más simple en el ciclo de Rankine. En este el agua es calentada a alta temperatura y presión en una caldera o vaporizador, convirtiéndose en vapor. Se expansiona en una turbina de vapor donde la energía se convierte en mecánica en el eje de la turbina.



EL CDR del VFU

Algunas plantas de tratamiento de residuos convierten el residuo en CDR.

Se supone que el CDR debe tener la categoría de combustible alternativo pero, en cualquier caso, suele considerarse residuo.

El proyecto LIFE ELVISUSTECH trata de extraer todo rastro de metales y otros inertes del residuo de la fragmentación de VFU y poder sacar al mercado un combustible alternativo.

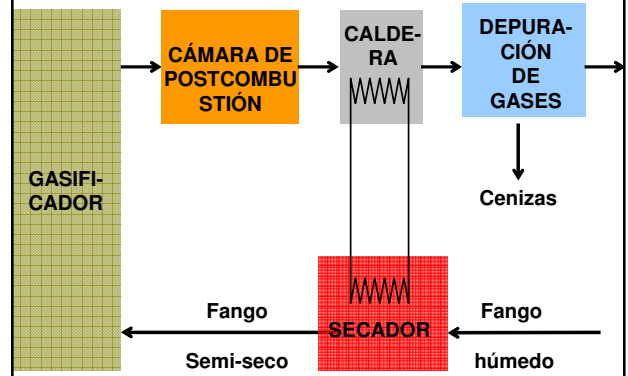




Els fangs d'EDAR.

EL CERRAMIENTO DEL CICLO ENERGÉTICO EN LA GESTIÓN DE LOS FANGOS DE EDAR

La energía liberada en la gasificación de los fangos de EDAR, es suficiente para secar. El proceso permite cerrar el ciclo energético.



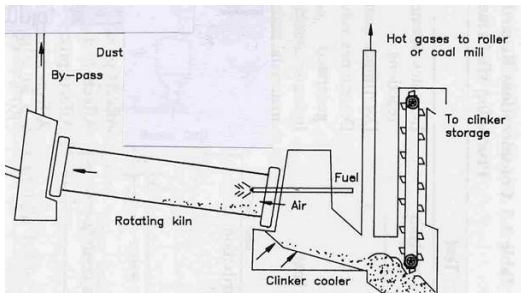
LA CLINQUERIZACIÓN

Con una temperatura de trabajo alrededor de los 1.200 °C y el largo tiempo de residencia de los gases, la destrucción térmica de los compuestos orgánicos está garantizada.

El consumo específico va de 1.300 Kcal/kg en la vía húmeda a 800 Kcal/kg en el proceso seco.

Sin embargo, la introducción de residuos que contengan metales pesados debe vigilarse. Los metales, atendiendo a su volatilidad, pueden clasificarse en:

- Metales, que ellos mismos o sus compuestos, no son volátiles: Ba, Be, Cr, As, Ni, V, Al, Ti, Ca, Fe, Mn, Cu y Ag.
- Metales que ellos o sus compuestos son semivolátiles: Sb, Cd, Pb, Se, Zn, K y Na.
- Metales que ellos y sus compuestos son volátiles: Hg y Tl.



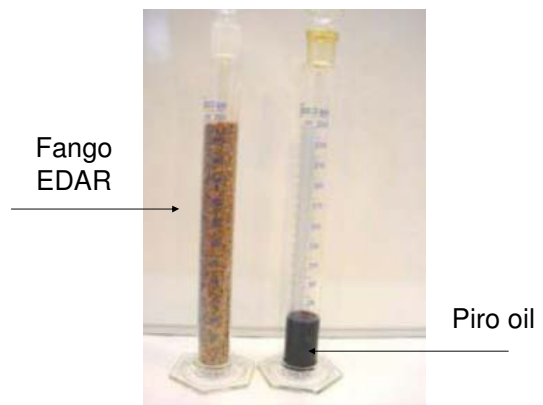
PIRÓLISIS. PIRO OIL.

Proceso térmico en atmósfera no reactiva entre 400 y 600°C. Se obtiene una fracción líquida (piro oil), sólida (char) y la gaseosa.

El Pirooil puede sustituir al gasóleo en los motores de cogeneración.

El líquido y el gas están exentos de metales.

La recuperación energética se halla entre un 30 y 40%.



La gestió dels residus a la llum de la Directiva Marc 98/2008.
Veure LER 19.12.10 i 19.12.12

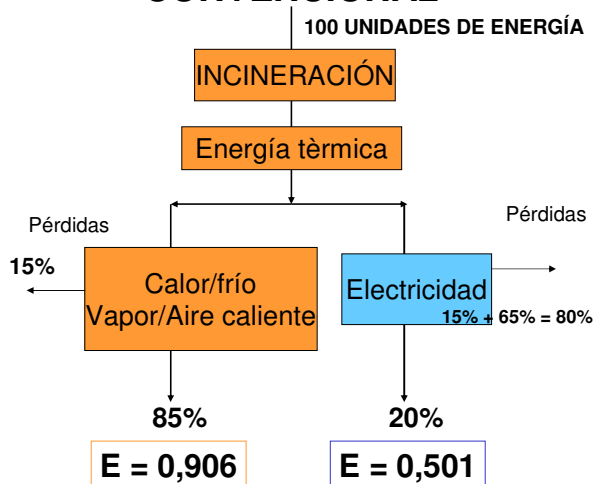
FIN DE LA CONDICIÓN DE RESIDUOS.

Son acciones para facilitar la gestión.
La Directiva indica que deberá tenerse en cuenta para:

- Papel
- Metales
- Vidrios
- Neumáticos
- Textiles
- Áridos



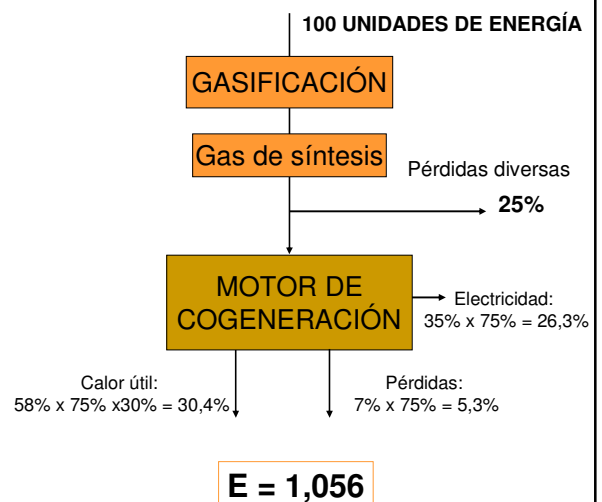
DIRECTIVA 2008/98 RELATIVA A LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS RENDIMIENTO EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN CONVENCIONAL



E_w	Energia aportada pel residu
E_f	Energia externa (electricitat)
E_i	Energia importada
E_p	Energia produïda útil amb coef.
Rendiment E	$(E_p - (E_f + E_i)) / 0.97 \times (E_w + E_f)$

PROCESO DE GASIFICACIÓN

En la valorización del gas de síntesis existe una generación de fluidos susceptibles de ser aprovechados térmicamente.



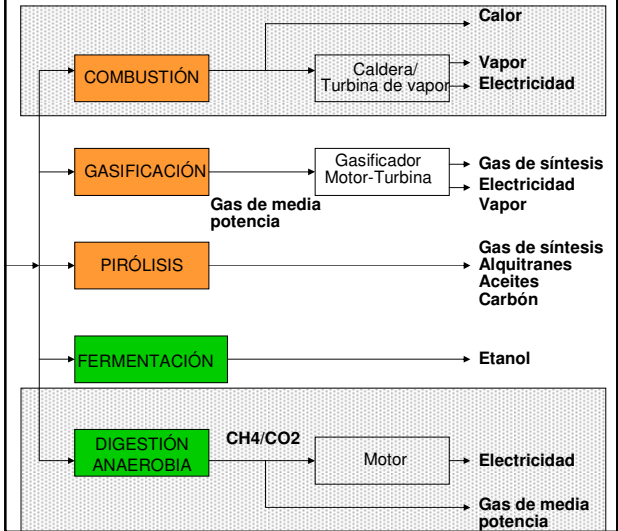
Noves tendències i alternatives a la valorització energètica. Aplicacions pràctiques.



PROCESOS ENERGÉTICOS RELACIONADOS CON EL VERTIDO

Los procesos de conversión energética relacionados en el vertidos pueden ser:

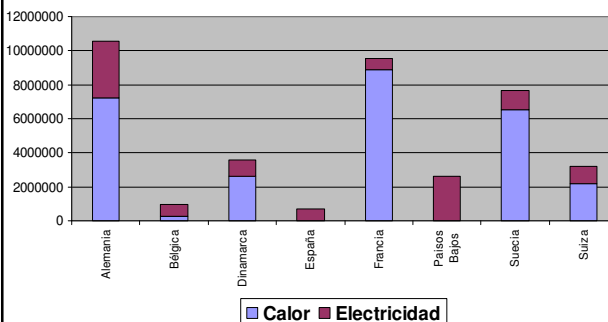
- Sistemas de extracción e incineración.
- Sistemas de valorización del gas de vertedero.



CALOR Y/O ELECTRICIDAD

En la mayoría de los países con el RSU se produce calor (normalmente "district heating") en lugar de electricidad. Hay que tener presente dos factores:

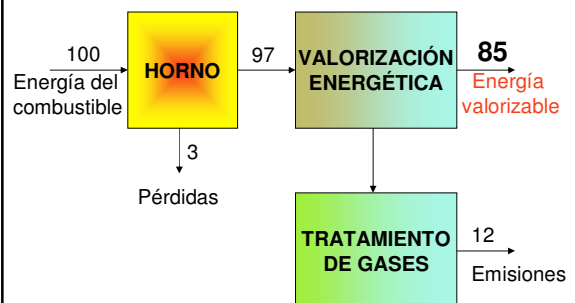
- En muchos de estos países se procura solucionar el problema energético en los mismos pequeños centros de generación y ello conduce a que sea más rentable el uso térmico. (Una instalación de este tipo, de pequeño tamaño, para la generación de electricidad es casi prohibitiva en términos económicos).
- El clima frío de estos países facilita el uso térmico, muchos meses al año.



RENDIMIENTO DEL APROVECHAMIENTO TÉRMICO

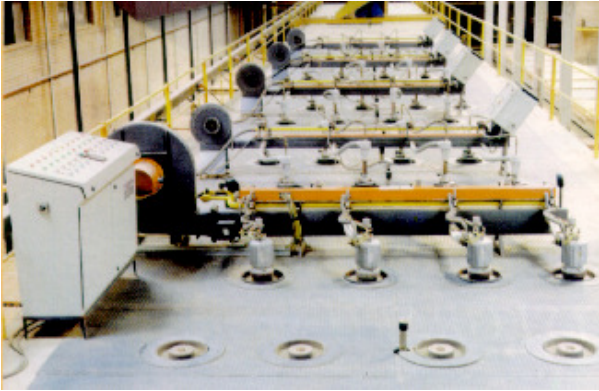
El aprovechamiento térmico de la biomasa es muy elevado.

En los países de clima frío la valorización energética con fines térmicos es muy importante.



USO ELÉCTRICO/TÉRMICO DEL GAS DE VERTEDERO

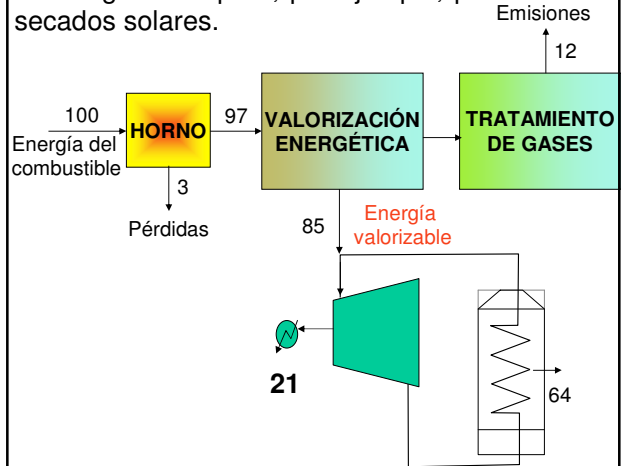
La foto muestra la vista superior de un horno cerámico con los quemadores quemando gas de vertedero.
De la misma manera se puede emplear el gas de síntesis.



RENDIMIENTO ELÉCTRICO EN CICLO DE RANKINE

El rendimiento eléctrico de las turbinas de vapor de pequeña potencia, es muy deficiente.

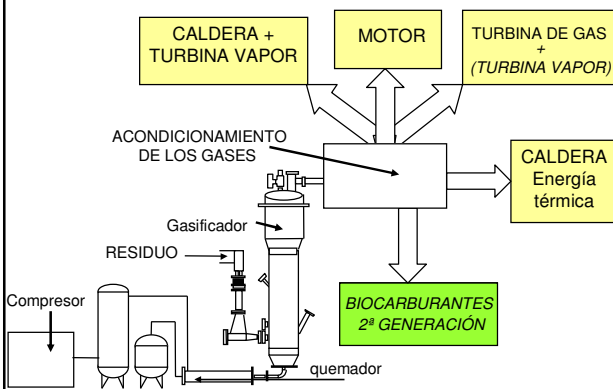
En esta tesitura una opción consiste en aprovechar el caudal energético de los sistemas de refrigeración para, por ejemplo, potenciar los secados solares.



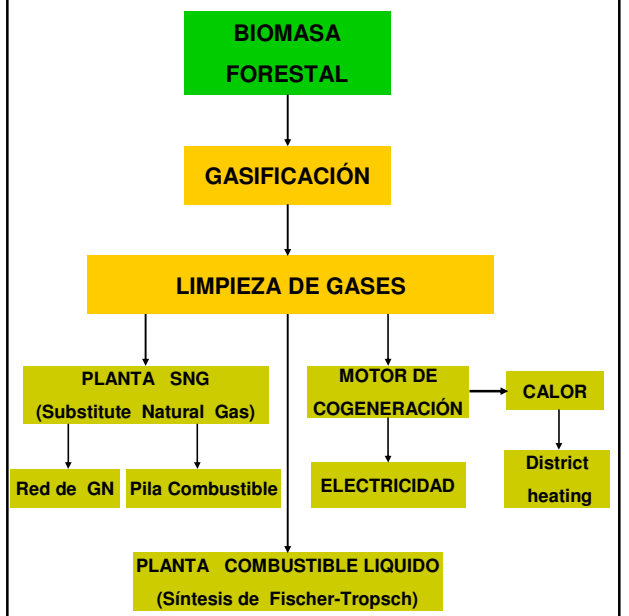
GASIFICACIÓN: POSIBILIDADES DE UTILIZACIÓN FINAL DEL GAS DE SÍNTESIS

El objetivo último de un proceso de conversión energética es transformar el residuo orgánico en energía.

La etapa final del proceso de gasificación es la obtención de un gas de síntesis. A partir de él las posibilidades de transformación energética son las indicadas en el esquema siguiente.

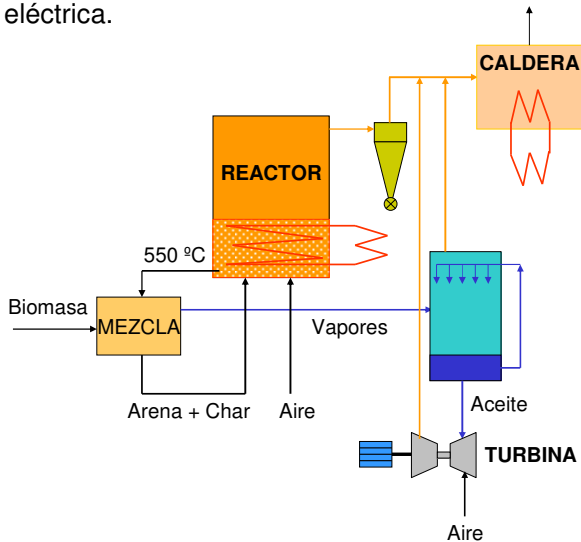


POSIBILIDADES DE LA GASIFICACIÓN DE BIOMASA FORESTAL.



PIRÓLISIS AVANZADA

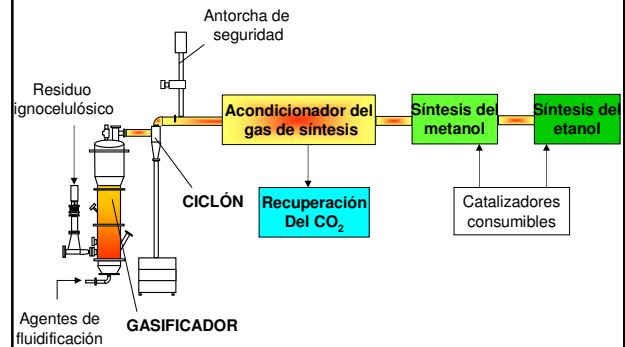
El esquema muestra un sistema integrado por pirólisis **btg** (*biomass technology group*), caldera de recuperación y turbina de aceite pirolítico. Presenta ventajas en la generación de energía eléctrica.



LA GASIFICACIÓN DE LA FRACCIÓN RESTO DE LOS RSU.

La mezcla de plásticos, papeles y madera procedente de la clasificación de los RSU, en Edmonton (Canadá) se gasifican.

El sistema requiere una buena preparación de los RSU y, sobre todo, una importante limpieza de los gases (ver esquema adjunto).

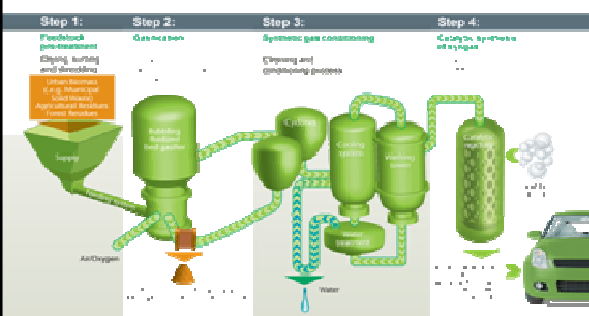


OTRAS ALTERNATIVAS PARA LOS RESIDUOS DE PAPELERA

El proceso desarrollado por ENERKEM, consiste en:

- Clasificación y trituración (recuperación de materiales reciclables) y secado.
- Gasificación de la fracción resto.
- Tratamiento del gas de síntesis.
- Síntesis del etanol.

El producto final, el etanol, se usa para las gasolinas oxigenadas.




Govern
de les Illes Balears

CONCLUSIONES

- Con la actual tecnología es posible reciclarlo, prácticamente, todo.
- La valorización energética toma un gran relieve en la nueva Directiva Marco 98/2008.