



**Congreso Nacional del Medio Ambiente**  
Cumbre del Desarrollo Sostenible

**COMUNICACIÓN TÉCNICA**

# Proyecto Otersu, observatorio de tecnologías para residuos sólidos urbanos con máximo aprovechamiento y mínimo vertido

Autor: Eduardo Fernández Giménez

Institución: Urbaser

E-mail: [efernandez@urbaser.com](mailto:efernandez@urbaser.com)

Otros autores: Charo Rey Zabalza (Urbaser)



## **RESUMEN:**

El objetivo global del proyecto es aumentar la cantidad de subproductos valorizables a partir de los residuos entregados en el centro de tratamiento con la meta de poder llegar al deseado vertido cero. Para lo cual, se investigarán procesos que incluirán toda tipo de situación geográfica, características de los residuos y necesidades específicas respecto a los residuos urbanos. Las actividades a desarrollar en los cuatro años de duración del proyecto son: Pretratamiento de los RSUs: caracterización de los residuos a nivel nacional y mejoras en la separación de materiales. Biometanización: Estudio de la biodegradabilidad de los residuos, Estudio hidrodinámico y caracterización de sistemas de mezcla, Desarrollo de tecnología vía seca, Mejoras en la etapa de tratamiento previo a la biometanización, Desarrollo/construcción de un biofiltro de percolación para eliminar H<sub>2</sub>S y siloxanos. Incineración: Estudio de la corrosión en los sobrecalentadores de la caldera, Estudio de la vitrificación de Cenizas en planta piloto, Valoración de las cenizas y escorias resultantes del proceso Gasificación: Análisis del proceso de gasificación de Residuos y RDF (plásticos), Alimentación reactor (densificación y peletización), Reducción de alquitranes. Compostaje: Calidad compost (metales pesados Vs. granulometría), Diseño y construcción de planta piloto y sucesiva experimentación en laboratorio y en planta piloto (Estudio estructurantes orgánicos e inorgánicos, optimización relación residuo/estructurante, ...). Sistema de control: Automatización de sistemas de separación de planta, Mejora del registro de materiales de entrada y salida de planta, Optimización de la gestión de la planta. Gestión ambiental: Tratamiento de efluentes líquidos; Tratamientos de efluentes gaseosos (Instalación piloto de tratamiento de aire con absorción (Scrubber ácido, Scrubber básico, Humidificador) y adsorción (Biofiltro).



## ÍNDICE

1. DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA CENIT
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO OTERSU±.
  - 2.1 OBJETIVOS DEL PROYECTO OTERSU±
  - 2.2 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES A DESARROLLAR
3. resultados DEL PROYECTO OTERSU±

### 1. DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA CENIT

El programa CENIT iniciado en 2006 por el CDTI es un programa donde se fomenta la participación de grandes grupos de investigación formados por empresas y organismos de investigación, acercando la empresa al mundo de la investigación y el mundo de la investigación (universidad, centros tecnológicos...) a la realidad del mercado. Los proyectos presentados deben tener unos objetivos de gran calado en la sociedad actual y futura, encaminados a la resolución de problemas reales o previsibles en un futuro cercano con miras a una comercialización internacional.

Los requisitos y características del programa CENIT<sup>1</sup> son:

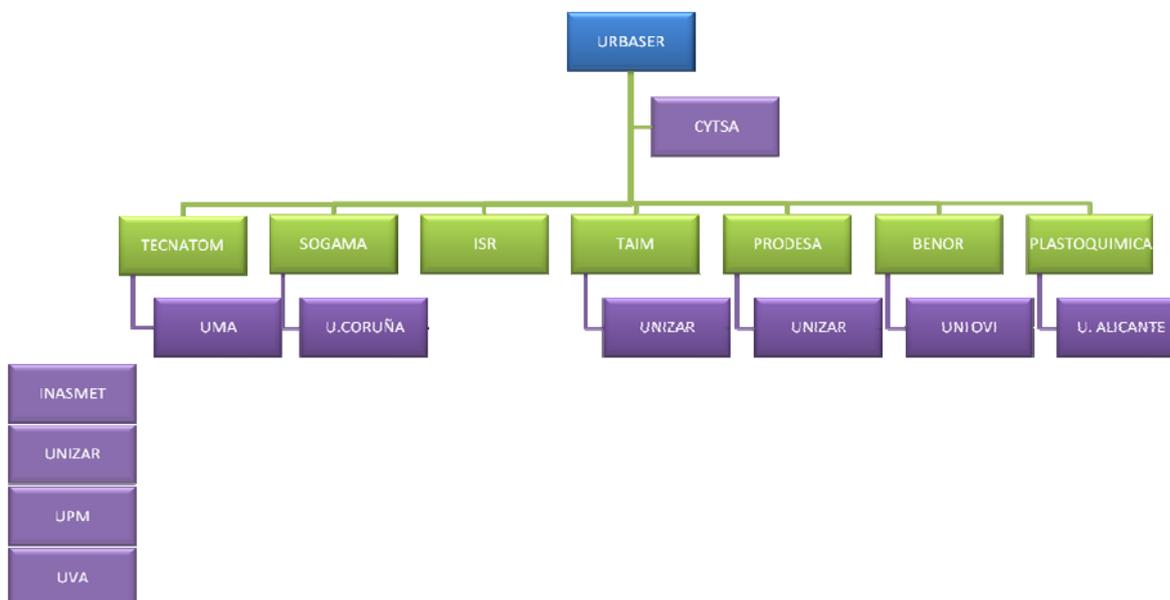
- ✓ Es una convocatoria para grandes proyectos.
- ✓ Larga duración (unos 4 años).
- ✓ Alta inversión entre 5 y 10 M€/año
- ✓ Mínimo 6 participantes (2 empresas grandes, 2 PYMES y 2 centros tecnológicos).
- ✓ Las ayudas son subvenciones a fondo perdido al 50% y una cuantía media de unos 5 M€/año.
- ✓ Deben ser proyectos de investigación industrial y tratar sobre cualquier área de conocimiento.

En el marco de este programa es donde se presenta el proyecto OTERSU±, "Observatorio de tecnologías para RSU con máximo aprovechamiento y mínimo vertido", cuyo periodo de ejecución es de 47 meses y cuenta con un presupuesto total de 20.156,5 €, de los que el CDTI ha concedido la cantidad de 9.380,00 €. En cuanto a la participación en este presupuesto total de los miembros que forman parte del proyecto, casi la mitad - 9.024,05 € - es aportada por URBASER, mientras que 11.132,50 € por el resto de los Socios.

En el gráfico se muestran los socios y los organismos públicos de investigación que participan en el proyecto.

---

<sup>1</sup> Más información en la página web [www.cdti.es](http://www.cdti.es)



#### Breve descripción de los Socios:

1. URBASER, S.A., del GRUPO ACS, líder del consorcio. Principal operador del sector medioambiental en España y uno de los más destacados a nivel internacional, cuyo objeto social consiste, entre otros, en el diseño, construcción y explotación de plantas de tratamientos, recuperación y valorización de residuos sólidos urbanos donde ocupa una posición de liderazgo tecnológico y comercial.
2. BIOENERGY NORTH ESPAÑA, S.A., Ingeniería y Consultoría asturiana, especializada en procesos de gasificación, limpieza de gases y eliminación de contaminantes de siloxanos.
3. FUNDACIÓN INSTITUTO PARA LA SOSTENIBILIDAD DE LOS RECURSOS, objeto social Mejora de la calidad medioambiental, experta en actividades de difusión, divulgación organización de foros, etc.
4. PRODESA MEDIOAMBIENTE, S.L, Empresa pequeña radicada en Zaragoza, experta en diseño de soluciones para secado de materia orgánica.
5. SOGAMA, S.A., Gran empresa gallega, experta en gestión y tratamientos térmicos de RSU.
6. TAIM WESER, S.A., del GRUPO TAIM, experta en la fabricación bienes de equipo para pretratamiento de materia.



7. TECNATOM S.A., del GRUPO ENDESA IBERDROLA, dedicada a la prestación de servicios de ingeniería. Proveniente del sector nuclear, expertos en sistemas de monitorización y control.
8. PLASTOQUIMICA S.A. empresa puntera en la construcción de equipos e instalaciones en materiales termoplásticos y un referente a la hora de buscar soluciones técnicas a problemas de eliminación de compuestos contaminantes o molestos del aire.

## 2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO OTERSU±.

### 2.1 OBJETIVOS DEL PROYECTO OTERSU±

**El objetivo global del proyecto** es aumentar la cantidad de subproductos valorizables a partir de los residuos entregados en un centro de tratamiento con la meta de poder llegar al deseado vertido cero. Para ello se investigarán procesos de tratamiento que incluirán todas las alternativas posibles, dando como resultado un producto novedoso adaptable a cualquier tipo de situación geográfica, de características de los residuos y de necesidades específicas de cualquier Ayuntamiento, mancomunidad de municipios o cualquier otra administración pública o privada que necesite hacer frente a un problema concreto de residuos urbanos.

Se investigarán los procesos de tratamiento de los residuos empezando por la etapa de **pretratamiento**, continuando por la optimización de los distintos **procesos de tratamiento** y finalizando por la **minimización de los residuos generados y maximizando su aprovechamiento**. Se espera incrementar, sobre los niveles de recuperación, un 25% la cantidad de subproductos valorizados, depositando en vertedero la menor cantidad posible.

Para ello se necesita la integración de múltiples disciplinas sinérgicas y complementarias en el proyecto, tales como: mejores técnicas de pretratamiento de RSU, técnicas de procesos de digestión anaerobias, tecnologías ambientales, técnicas de depuración de aguas para la máxima reutilización y reciclado, técnicas de control de emisiones de contaminantes específicos (siloxanos, sh<sub>2</sub>, etc.), tecnologías de vitrificación, tecnologías de las telecomunicaciones aplicadas al control y a la accesibilidad de información. Todas estas disciplinas deberán estar en contacto para provocar una transferencia de conocimientos y tecnologías que facilite el buen desarrollo del proyecto enriqueciendo a su vez a cada uno de los participantes.

Otro aspecto esencial para conseguir el objetivo del proyecto es profundizar las investigaciones en la valorización para aprovechar la energía contenida en los residuos y para fomentar e impulsar los mercados de los subproductos obtenidos en estos tratamientos.

La solución planteada deberá ser completamente amigable con el medio ambiente, tratando todos los productos secundarios que actualmente representan un problema como son: lixiviados, cenizas, emisiones y olores (problema de gran repercusión social,



teniendo en cuenta el principio de proximidad a las instalaciones actuales de las plantas de tratamiento de RSU). Además con tal alternativa se supera la normativa ambiental internacional y nos permitirá disponer de soluciones nacionales para el óptimo tratamiento de los residuos para poder competir a nivel mundial en este campo.

El proyecto va dirigido a:

- ✓ Aportar soluciones a la problemática social de gestión de residuos de las sociedades actuales mediante el máximo aprovechamiento de los residuos y mínimo vertido para acercarnos a la meta deseada del vertido cero.
- ✓ Ampliar conocimientos técnicos dentro de la gestión de residuos que permitirá ofrecer tecnología nacional competitiva a nivel internacional.
- ✓ Acercamiento entre organismos de investigación y empresa, encaminados a la resolución de problemas reales o previsibles en un futuro cercano generando áreas comunes de investigación en el campo de los residuos.
- ✓ Incrementar el gasto de I+D del sector privado con el beneficio implícito para la sociedad.
- ✓ Dar solución a todas las Administraciones implicadas en la gestión de residuos independientemente de su localización geográfica y tipo de residuos sólidos urbanos que genere.

Los objetivos que se persiguen son:

Técnico:

- ✓ Aumentar la cantidad de subproductos valorizables.
- ✓ Definir criterios para establecer las mejores técnicas disponibles para la gestión de los RSU.

Sociales:

- ✓ Adelantarse a la normativa europea.
- ✓ Aportar nuevos conocimientos.
- ✓ Mejora de la imagen corporativa.

Económicos:

- ✓ Posicionamiento competitivo como líder.
- ✓ Concienciación para el incremento de mercados secundarios.
- ✓ Desarrollo de nuevos procesos.

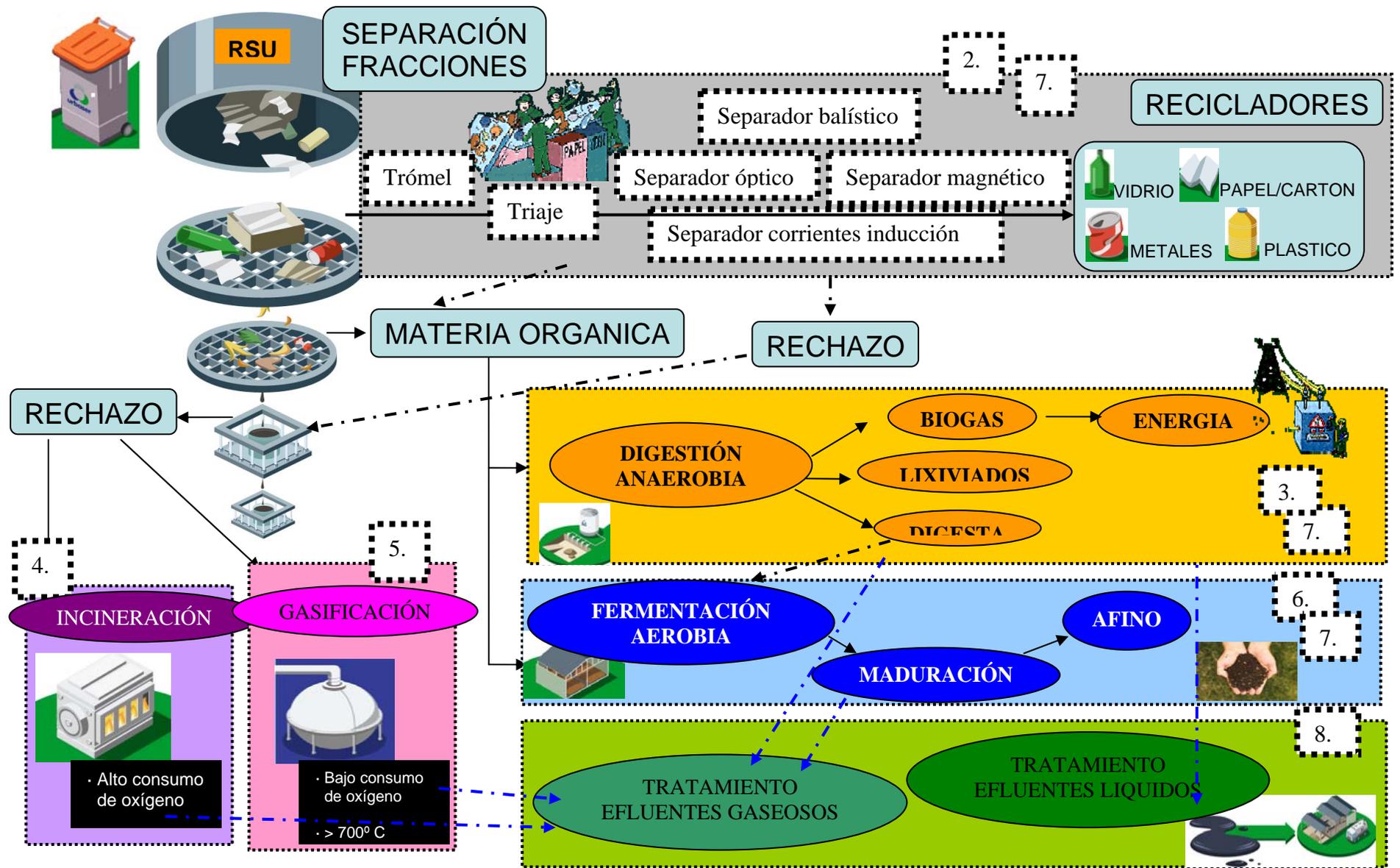


## **2.2 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES A DESARROLLAR**

El proyecto OTERSU± ha sido concebido partiendo de aquí, de las diversas fases incluidas en el tratamiento integral de los RSU's. Así el proyecto OTERSU± está dividido en las siguientes actividades:

1. Gestión.
2. Caracterización y pretratamiento de los RSU's.
3. Biometanización.
4. Incineración.
5. Gasificación.
6. Compostaje.
7. Sistema de control.
8. Gestión ambiental.
9. Difusión.

En el siguiente gráfico se muestra la gestión integral de los RSU's, desde su recogida hasta su ubicación en vertedero.



A continuación se describen los objetivos perseguidos en cada uno de los paquetes de trabajo y las actividades definidas para lograrlos.

### **1- Gestión y coordinación.**

**Objetivo:** Coordinar todos los recursos del proyecto puestos a disposición del consorcio, tanto técnicos como humanos, garantizar la calidad y cumplimiento de los objetivos y plazos de entrega necesarios en la buena marcha del mismo.

### **2- Caracterización y pretratamiento de los RSU's.**

**Objetivo:** Aumentar la eficacia en el pretratamiento para una mejor adecuación de los residuos, lo que incrementará el rendimiento de los procesos de valorización posteriores. De esta forma se elevará de manera sustancial el potencial recuperable existente en los RSU's.

Esta línea de investigación se divide en:

- ✓ Caracterización de los residuos de entrada a las plantas a nivel nacional.
- ✓ Mejoras en la separación de materiales.
- ✓ Aprovechamiento del vidrio.
- ✓ Secado y valorización de la materia orgánica.

### **3- Biometanización.**

**Objetivo:** Optimizar el proceso de digestión anaerobia de los RSU's para incrementar la producción de biogás aprovechando esta fuente de energía renovable (producción de electricidad).

Esta línea de investigación se divide en:

- ✓ Estudio de la biodegradabilidad de los residuos.
- ✓ Estudio hidrodinámico y caracterización de sistemas de mezcla.
- ✓ Desarrollo de tecnología vía seca. Diseño y construcción de una planta experimental.
- ✓ Ampliación de los Usos Potenciales del Biogás.

### **4- Incineración.**

**Objetivo:** el objetivo que se persigue no es investigar nuevas tecnologías de incineración, sino sobre las ya existentes estudiar aquellos puntos que producen problemas en la explotación de estas plantas.

Esta línea de investigación se divide en:

- ✓ Estudio de la vitrificación de Cenizas en planta experimental usando tecnologías de Plasma Térmico, con el fin de obtener un producto final que sea reutilizable en diferentes aplicaciones.
- ✓ Estudio de la corrosión en los sobrecalentadores de la caldera con el objeto de obtener una reducción del coste de mantenimiento de los mismos, incrementando el tiempo de utilización de dichos tubos y aumentando la eficiencia del ciclo termodinámico.
- ✓ Estudio de las escorias (caracterización, diseño y construcción de una planta de tratamiento de Escorias, pruebas).

### **5- Gasificación.**



**Objetivo:** El objetivo de este apartado es desarrollar el proceso de gasificación para la valorización energética del CDR extraído del rechazo de las plantas de tratamiento de RSUs.

Esta línea de investigación se divide en:

- ✓ Preparación del material a gasificar, CDR.
- ✓ Gasificación de materiales CDR.
- ✓ Reactor continuo de laboratorio.
- ✓ Reactor experimental de gasificación.

## 6- Compostaje.

**Objetivo:** Análisis de los parámetros que intervienen en la fermentación y maduración de la materia orgánica y posterior proceso mecánico de afino para obtener un compost de la máxima calidad posible, que abra nuevos mercados de utilización.

Esta línea de investigación se divide en:

- ✓ Diseño y construcción de planta experimental.
- ✓ Pruebas en planta experimental (Estudio estructurantes, optimización relación residuo/estructurante, influencia calidad agua sobre tiempo proceso, realización de Balances de masas y energía, análisis de los diferentes flujos, estudio del sistema de impulsión de aire, estudio de secado en túnel, estudio de digestión anaerobia en túnel).

## 7- Sistema de control.

**Objetivo:** Monitorizar y automatizar algunos de los procesos que se realizan en las plantas de tratamiento de RSU's, para mejorar la gestión y la operatividad de las mismas, aplicando las últimas herramientas TIC disponibles.

Esta línea de investigación se divide en:

- ✓ Sistema de pesaje en cintas.
- ✓ Urbgesbas, sistema de gestión de básculas.
- ✓ Sistema de Gestión de activos: Optimización de la gestión de la planta.
- ✓ Sistema de control de procesos.

## 8- Control ambiental.

**Objetivo:** Minimizar las emisiones a la atmósfera/agua de las plantas de tratamiento de RSU, haciendo hincapié en las técnicas de eliminación de olores. Esta etapa va encaminada a la minimización de lo que se podría llamar efectos secundarios del tratamiento de los residuos, como pueden ser lixiviados, emisiones u olores.

Esta línea de investigación se divide en:

- ✓ Tratamiento de efluentes líquidos (reutilización de efluentes regenerados en torres de refrigeración, diseño y construcción del sistema de depuración).
- ✓ Tratamientos de efluentes gaseosos (Instalación experimental de tratamiento de aire por vía química (Scrubber ácido, Scrubber básico, Humidificador) y por vía biológica (Biofiltro).

## 9- Difusión

### Objetivo:

- ✓ Llevar a la sociedad el conocimiento de las distintas actuaciones que se están realizando para conseguir una gestión más sostenible de los recursos y los residuos.
- ✓ Mostrar a las Administraciones competentes los resultados obtenidos e identificar los medios, los métodos y los instrumentos para mejorar la situación de partida.
- ✓ Colocar el problema de cómo conseguir el vertido 0 en las agendas políticas, integrándolo en sus programas de acción.
- ✓ Difundir el mensaje y conocimiento del mismo.
- ✓ Mostrar la solución más eficaz al problema generado por los residuos desde el punto de vista de conseguir el mínimo vertido.

## 3. RESULTADOS DEL PROYECTO OTERSU±

En la fecha actual y después de 2 años y medio de desarrollo del proyecto OTERSU ± podemos hacer el siguiente balance:

### 2- Caracterización y pretratamiento de los RSU's.

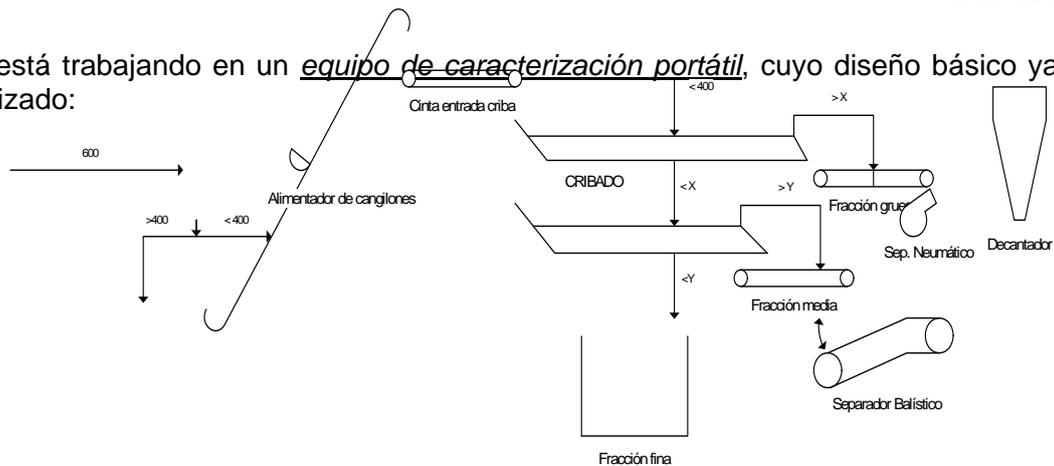
- ✓ **Caracterización de los residuos a nivel nacional.**

Se ha elaborado un procedimiento general de Caracterización de RSU's, aplicable en todo momento del año (estacionalidad) y lugar (barrio, población, comarca, entrada a planta de tratamiento, cualquier punto de dicha planta, etc.).

Se ha elaborado una herramienta informática de gestión de toda la información obtenida con el procedimiento de caracterización. Esta herramienta informática está siendo mejorada en estos momentos.



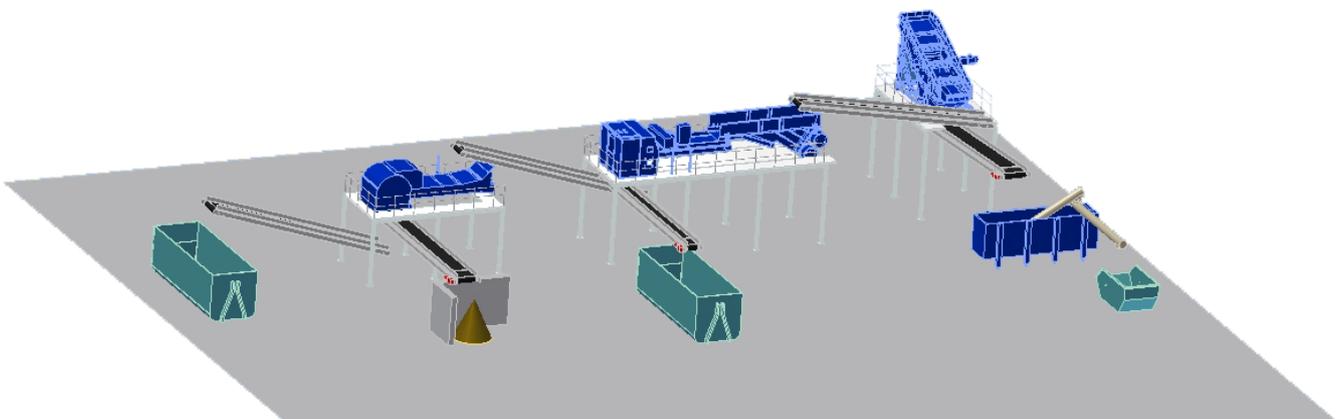
Se está trabajando en un equipo de caracterización portátil, cuyo diseño básico ya está realizado:



- ✓ **Mejoras en la separación de materiales. Diseño conceptual de centros y líneas de tratamiento**

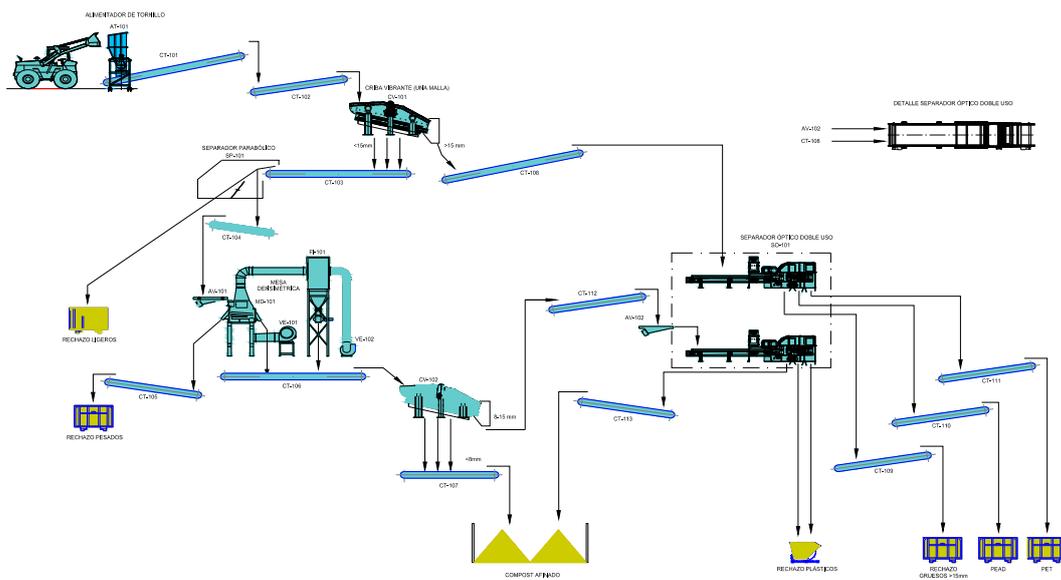
Se están diseñando diferentes modelos de Plantas de Pretratamiento (esquemas, dimensiones y características) en función del área geográfica a atender y de los requerimientos de la administración demandante. Dentro de esta línea se han establecido las bases para el diseño de líneas para tratamiento de residuos envases, de voluminosos, de industriales y de fracción orgánica.

A.1) En estos momentos se está profundizando en el diseño de líneas de maximización de materia orgánica para un posterior tratamiento anaerobio o aerobio. Se plantean cuatro plantas tipo, tanto para la separación de materiales pesados (vidrios, cerámicas, piedras,...) como ligeros (en su mayoría polímeros de baja densidad), teniendo como objetivo la obtención de un producto rico en materia orgánica, óptimo para los tratamientos biológicos indicados. Para ello se propone la implantación de equipos de separación de última generación (ópticos por infrarrojos, de rayos x, densimétricos neumáticos,...) en distintas granulometrías. A continuación se incluye el plano de implantación en 3D de una de las plantas tipo.



El objetivo último del proyecto es la realización y análisis de pruebas en campo para la definición de la solución óptima.

A.2) Por otra parte se está tratando de mejorar la calidad del compost. Se ha diseñado una línea en que se trata de eliminar pequeños plásticos ligeros y se valoriza el rechazo de la criba a través de un separador óptico para PET y PEAD. De esta forma se reduce el rechazo de la planta y con la venta de envases se rentabiliza la inversión. A continuación se incluye diagrama de proceso de la línea.

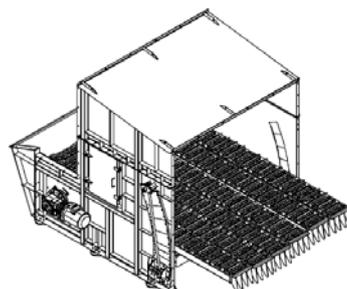


Por otra parte, se ha terminado un estudio sobre las tecnologías existentes para el tratamiento y clasificación de RSU, tanto en el mercado nacional como europeo, así como de las soluciones registradas en el Registro de Patentes y Marcas.

✓ **Mejoras en la separación de materiales. Estudio de equipos de pretratamiento y rendimiento**

Se han diseñado y en algunos casos construido y patentado equipos mecánicos que permitan una mejor separación de los RSU que posteriormente van a ser tratados con el objetivo de recuperar o reciclar el máximo posible.

Así se dispone de un separador balístico que ha sido patentado:



Se está trabajando en las verificaciones previas, pruebas de funcionamiento en vacío y en carga, medición de consumos y rendimientos del prototipo de Separador Balístico. Se continúa trabajando para mejorarlo.

Paralelamente se ha diseñado y se está construyendo un prototipo de separación de plástico film.

### ✓ **Aprovechamiento del vidrio**

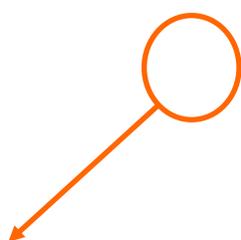
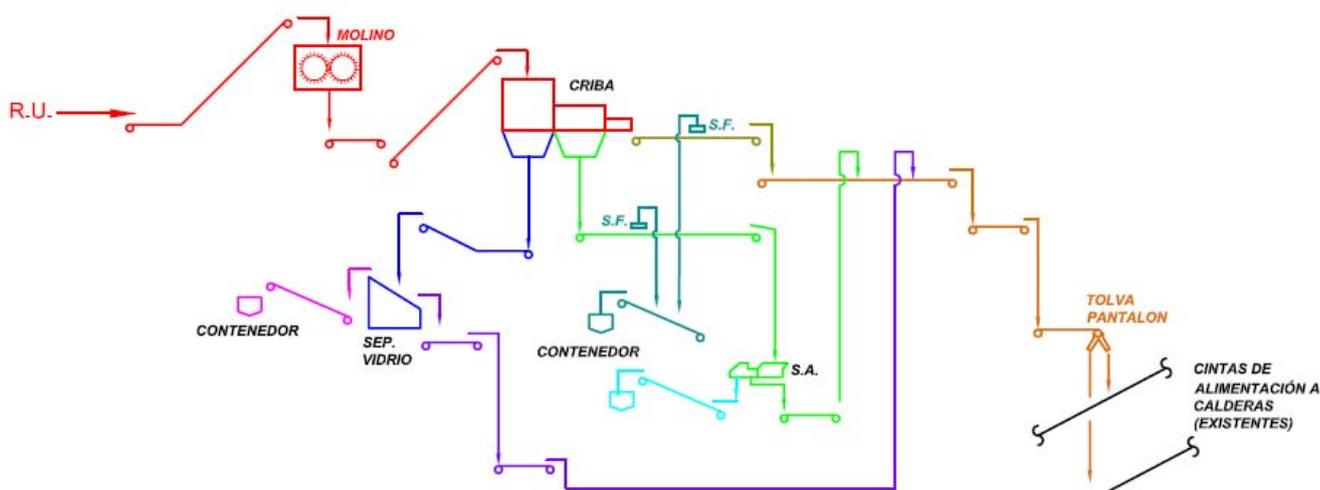
El objetivo pretendido es la implementación de un proceso para la recuperación del vidrio contenido en la fracción muy fina de los RSU's con el fin de que este vidrio recuperado cumpla con las normas de calidad establecidas para que pueda ser posteriormente reciclado. Las actividades se dividen en dos líneas:

1. Separación de vidrio en la fracción fina húmeda (línea 1)
2. Separación de vidrio en la fracción fina seca (línea 2)

Se han desarrollado dos líneas diferentes de tratamiento de vidrio, la línea 1 que ya está construida y en funcionamiento que trata los residuos húmedos y la línea 2 que actualmente se encuentra en fase de desarrollo y que trata los residuos menores de 40 mm (previo calentamiento y consiguientemente mucho más limpios en cuanto a materia orgánica se refiere), que plantea una separación óptica del vidrio.

### **Línea 1: Separación de vidrio en la fracción fina húmeda**

El diseño de este proceso, así como la instalación de esta línea de separación de vidrio de la fracción muy fina húmeda se ha llevado a cabo dentro del proyecto OTERSU, constituyendo la primera fase de la línea de investigación Pretratamiento – Separación de vidrio.



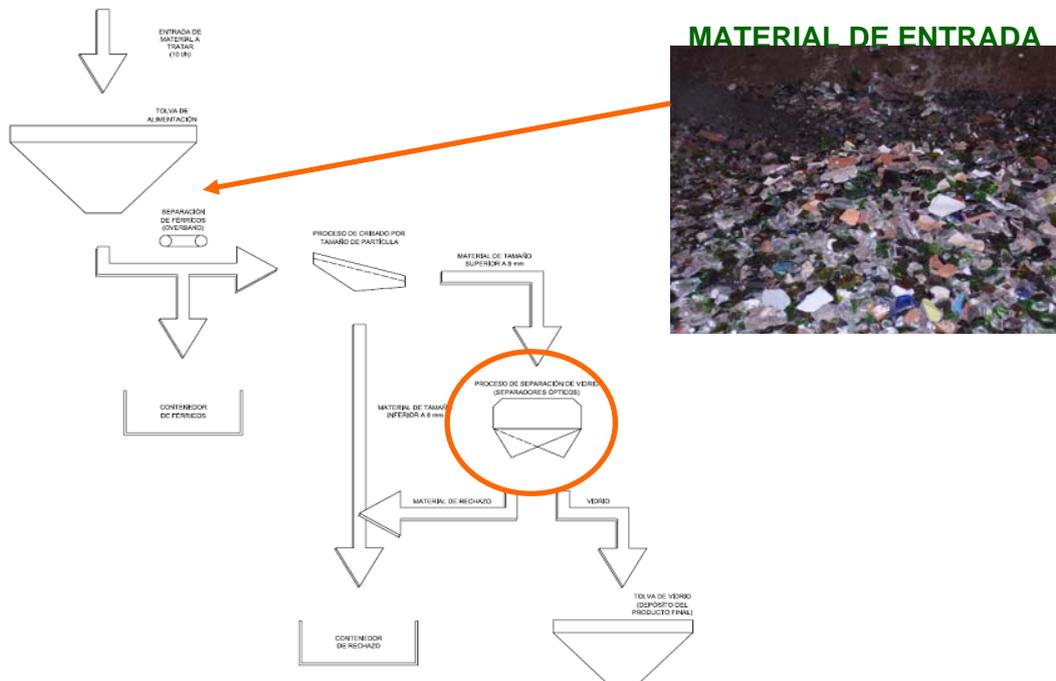


LEYENDA	
<span style="color: red;">■</span>	RESIDUO URBANO
<span style="color: blue;">■</span>	FRACCION < 40 mm
<span style="color: green;">■</span>	FRACCION entre 40-90 mm
<span style="color: yellow;">■</span>	FRACCION > 90 mm
<span style="color: magenta;">■</span>	VIDRIO (<40 mm)
<span style="color: purple;">■</span>	FRACCION < 40 mm SIN VIDRIO
<span style="color: orange;">■</span>	CDR
<span style="color: teal;">■</span>	FERRICOS
<span style="color: cyan;">■</span>	NO FERRICOS
	SEPARADOR ELECTRO MAGNETICO
	SEPARADOR DE EFECTO FOUCAULT

El material resultante de la línea 1 no es reciclable tal y como sale porque presenta una elevada proporción de materiales distintos del vidrio (debería ser sometido a un tratamiento posterior).

### Línea 2: Separación de vidrio en la fracción fina seca

El diseño de este proceso, así como la instalación de esta línea de separación de vidrio de la fracción muy fina seca se está llevando a cabo dentro del proyecto OTERSU, constituyendo la segunda fase de la línea de investigación Pretratamiento – Separación de vidrio.

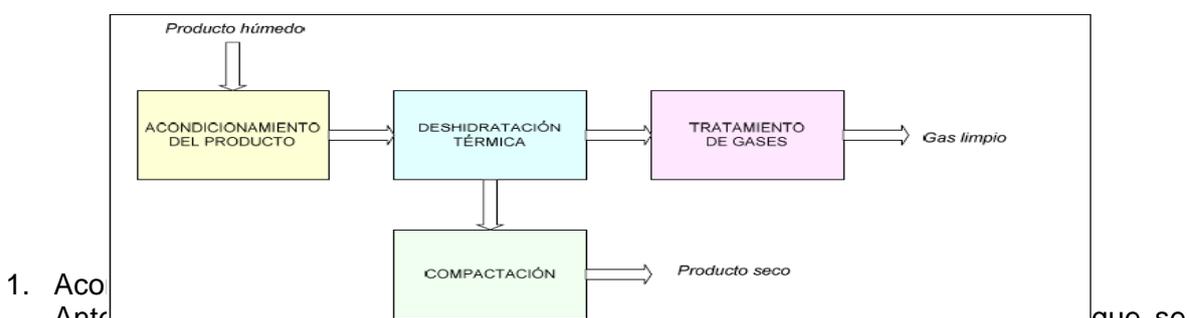


Actualmente se está trabajando en esta línea.

✓ **Secado y valorización de la materia orgánica**

Se está estudiando las diferentes alternativas de secado térmico de la fracción orgánica de los RSU para la adecuación de dichos residuos a distintos usos, lo que incrementará el rendimiento de los procesos posteriores.

Para desarrollar este proyecto y cumplir con los objetivos perseguidos se ha instalado una planta experimental que constará principalmente de 4 partes:



1. Aco  
Ante

que se van a tratar, con objeto de obtener un producto lo más homogéneo posible y con una determinada consistencia, para conseguir un secado eficaz. Esta primera fase consta de los siguientes equipos:

- ✓ *Trituradora*: se introduce la fracción orgánica de los RSU para reducir y homogeneizar el tamaño de los residuos.
- ✓ *Eliminación de impropios*: para retirar posible material no orgánico que pueda estar presente entre los residuos (elementos metálicos, cuerdas,...).
- ✓ *Mezcladora*: constituye una etapa clave puesto que consigue acondicionar, mezclar y homogeneizar el producto para su posterior secado.

2. Deshidratación térmica

Una vez el producto ya ha sido acondicionado, se somete a la deshidratación térmica. La planta se diseña de forma que permita simular procesos de secado a alta temperatura (por construir) y procesos de secado a baja temperatura (ya construida), con todas las variantes que pueden soportar.

- ✓ *Secado a baja temperatura mediante un túnel de secado* que consiste en una banda horizontal para el secado del producto a baja. La energía calorífica necesaria puede proceder directamente de los gases de combustión, o indirectamente a través del intercambiador.
- ✓ *Secado a alta temperatura mediante un trómel rotativo* donde se produce el secado del producto a alta temperatura. Se pretende en este proyecto, conseguir un buen diseño de este equipo que permita adaptarse a la fracción orgánica de los RSU y lograr, de esta forma, un secado eficaz.

3. Tratamiento de gases

Los gases procedentes de la etapa de secado pueden contener partículas y COV's, así como otros compuestos que dependerán fundamentalmente de la composición de los residuos que se tratan y de la tecnología de secado empleada. Los ensayos

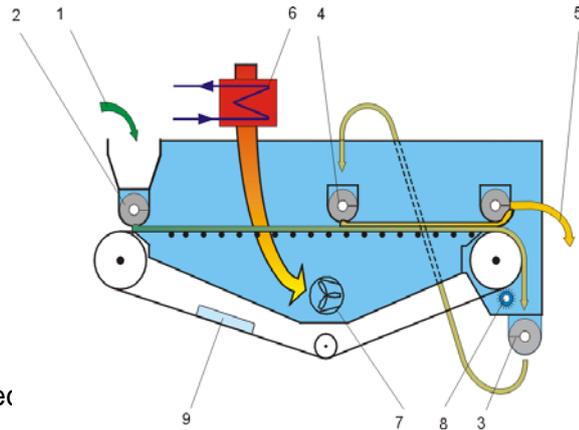
contemplan el análisis de estos gases y su posterior tratamiento para minimizar el impacto a la atmósfera con niveles por debajo de los establecidos por ley.

#### 4. Compactación

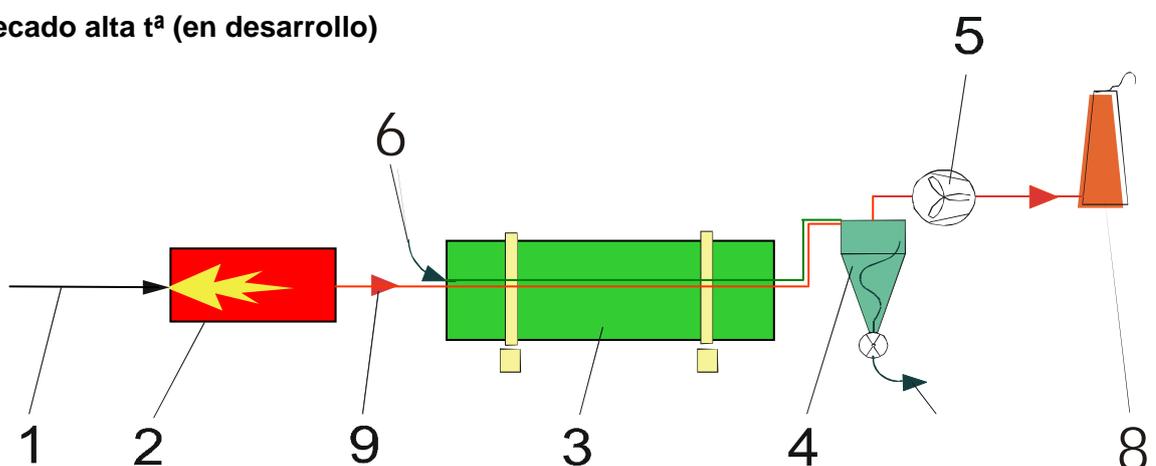
El producto seco se somete a un proceso de peletización para su compactación, facilitando así el manejo del producto en su uso final y necesario para su valorización energética.

#### Secado baja tª

- 1 Producto húmedo
  - 2 Rosca de alimentación 1
  - 3 Rosca de descarga 1
  - 4 Rosca de alimentación 2
  - 5 Descarga de producto seco
  - 6 Intercambiador de calor
  - 7 Ventilador
  - 8 Cepillo rotativo
  - 9 Unidad de lavado de banda
- Se muestra la planta experimental de secado de banda



#### Secado alta tª (en desarrollo)



- |                    |                        |                   |
|--------------------|------------------------|-------------------|
| 1 Quemador         | 4 Ciclón               | 7 Producto seco   |
| 2 Horno            | 5 Ventilador principal | 8 Chimenea        |
| 3 Trómel de secado | 6 Producto húmedo      | 9 Gases calientes |

### 3- Biometanización.

#### ✓ Estudio de la biodegradabilidad de los residuos

Los ensayos de biodegradabilidad (la biodegradabilidad es la propiedad intrínseca de una sustancia que hace referencia a la tendencia que tiene a ser biológicamente degradada) anaerobia permiten determinar una serie de características del residuo (fracción biodegradable en condiciones anaerobias, potencial metanogénico del residuo (BMP, cantidad de metano generada en la descomposición anaerobia por unidad de residuo), viabilidad del tratamiento del residuo).

El equipo experimental disponible permite la realización de hasta 12 ensayos simultáneos con registro automático de datos. Se basa en la técnica manométrica con medida de la producción de metano a partir del aumento de presión en un recipiente de volumen constante.

El sistema está formado por 12 botes digestores de 2 cámaras conectados cada uno de ellos a un medidor de presión. La presión en el interior de cada bote es registrada en un PC vía tarjeta de adquisición de datos y un software (VI Logger, NI). Los ensayos requieren una temperatura constante durante toda la experiencia por lo que los botes y los medidores se encuentran en el interior de un armario con regulación de la temperatura. Los valores de presión, volumen de metano acumulado y temperatura de la cámara son registrados periódicamente y representados en tiempo real.

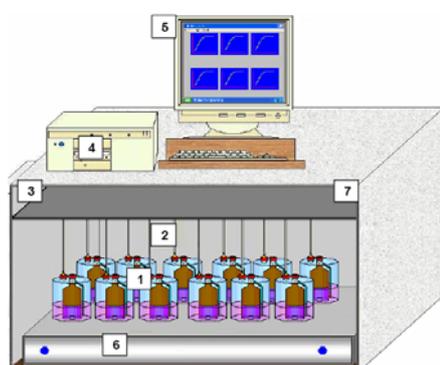


Figura 1. Esquema del sistema actual. (1) Botes digestores. (2) Conexión a medidores de presión (3) Balda con transductores de presión en parte inferior. (4) Ordenador personal con tarjeta de adquisición incorporada. (5) Monitor. (6) Mesa agitadora. (7) Armario termostático.



Figura 2. Equipo experimental disponible

Se han realizado ensayos para estudiar la biodegradabilidad anaerobia de las distintas fracciones de residuos sólidos urbanos por separado: residuos de fruta y verdura, papel y cartón y residuo de jardín. Se ha iniciado el estudio de las mezclas de fracciones.

		Fracciones	Objetivos
diferentes fracciones	Trituración Sin trituración	Papel Cartón	Biodegradabilidad Producción de biogás
mezclas fracciones	Agitación magnética Agitación rotatoria	Orgánica pura Vegetal	Composición elemental Producción de biogás en función de la composición
co-digestión	Residuos de plantas	Glicerina Grasas animales	Cálculo teórico de productividad frente a composición elemental
	Diferentes residuos Diferentes cargas	Harinas animales Residuos matadero	Inhibición Cinética
	Residuos de plantas + diferentes residuos y concentraciones	Pescado crudo Residuos lácteos Residuos plantas mayonesa Lodos de plantas Coca-Cola Lodos de telepizza	Cargas con las que se puede trabajar Diferentes concentraciones mezcla en co-digestión Inóculo
información final	Efecto del tamaño sobre la hidrólisis Lo que puede funcionar Lo que puede dar problemas Cargas con las que se puede trabajar Legislación		

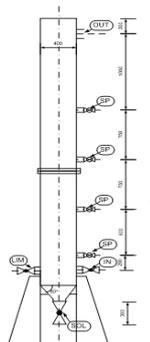
✓ **Estudio hidrodinámico y caracterización de sistemas de mezcla**

El objetivo de este hito de investigación es determinar los parámetros óptimos para la mezcla y agitación de digestores de biometanización de vía seca de RSU's (agitación por inyección de biogás a presión en la base del digestor). En el proceso de digestión anaerobia el mezclado se emplea para acelerar el proceso de conversión biológica y para calentar uniformemente el contenido del digestor.

Los objetivos del sistema de agitación son los siguientes:

- ✓ Obtener una homogeneidad física, química y biológica dentro del digestor
- ✓ Permitir el contacto entre la biomasa activa y la alimentación de material fresco
- ✓ Aprovechar el volumen del digestor con efectividad
- ✓ Prevenir la estratificación y la formación de gradientes de temperatura

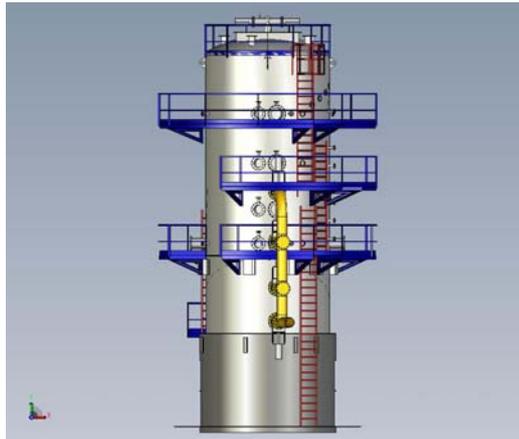
Para poder estudiar la eficiencia de la agitación en función de los diversos parámetros (presión, volumen de inyección, frecuencia de inyección) se ha diseñado y construido un "elutriador" que nos permitirá determinar el comportamiento de las diferentes fracciones de la RSU's, en nuestro caso nos interesaremos principalmente en los elementos pesados que pueden sedimentar.



Se está trabajando en el sistema de seguimiento de partículas.

✓ **Desarrollo de tecnología vía seca. Diseño y construcción de una planta experimental**

Se dispone ya del diseño de la planta experimental, aunque a fecha de hoy aún no ha sido instalado por problemas administrativos.



✓ **Ampliación de los Usos Potenciales del Biogás**

El objetivo general es el desarrollo de un proceso innovador y sostenible de aprovechamiento de residuos mediante la digestión anaerobia (DA) con producción de biogás y la búsqueda de aplicaciones alternativas para el biogás generado. Para cumplir este objetivo, las tareas que se están desarrollando se orientan hacia la limpieza de biogás, concretamente la eliminación de  $H_2S$  y de siloxanos.

Se ha desarrollado y construido un biofiltro de percolación para eliminar  $H_2S$  y siloxanos, que es el que se muestra en la figura.



Actualmente se están desarrollando las pruebas pertinentes sobre eliminación del H<sub>2</sub>S en el biogás

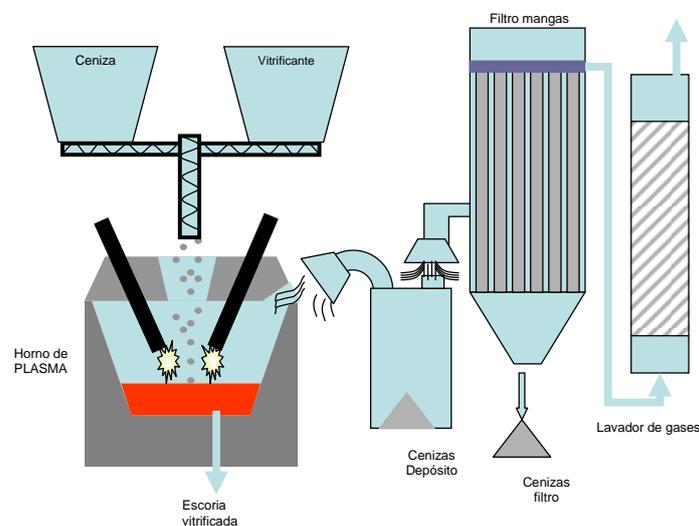
Paralelamente se está desarrollando un método de determinación analítica de los siloxanos que permita su análisis a la hora de llevar a cabo los ensayos de eliminación. La técnica utilizada para esta determinación será la cromatografía de gases acoplada a un espectrómetro de masas (GC-MS). Una vez se tenga este método de determinación, se estudiará cual de las opciones que se barajan para testar la eliminación de siloxanos con el biofiltro percolador es la más adecuada.

#### 4- Incineración.

##### ✓ Vitrificación de cenizas

El proyecto esta orientado a transformar un residuo considerado como peligroso como son las cenizas producidas en las plantas incineradoras de residuos, en nuevos productos susceptibles de ser utilizados eliminando o minimizando el residuo final a depositar en vertedero.

Se dispone de una planta experimental en la que ya se han comenzado los ensayos. Hasta la fecha se han realizado ensayos de vitrificación en atmósfera inerte de las cenizas generadas mediante tecnología de incineración de parrillas.



A continuación está previsto realizar ensayos de vitrificación en atmósfera reductora.

Una vez finalizadas las pruebas se procederá al análisis final de los resultados obtenidos y, en función de los mismos, al estudio de los productos finales para su posible reutilización

✓ **Estudio de la corrosión en sobrecalentadores**

El objetivo de la tarea es el estudio del comportamiento en los sobrecalentadores de una caldera perteneciente a una incineradora de RSU's, con tecnología de lecho fluido circulante, de diferentes tipos de aleaciones de aceros para intentar conseguir un aumento de la eficacia del ciclo al trabajar con condiciones de vapor mayores y al mismo tiempo obtener una reducción del coste de mantenimiento de los mismos, incrementando el tiempo de utilización de dichos tubos. Para ello se están realizando estudios de corrosión introduciendo en las calderas testigos de diversos materiales y estudiando su comportamiento.

Se recargan una serie de tubos seleccionados de los sobrecalentadores con distintos materiales de soldadura para ensayar de forma paralela el comportamiento de los mismos con distintos tipos de recubrimientos durante la parada anual por mantenimiento de la caldera.



**DESGASTE DEL RECUBRIMIENTO DEL TESTIGO COLOCADO EN LA PARADA DE 2007**

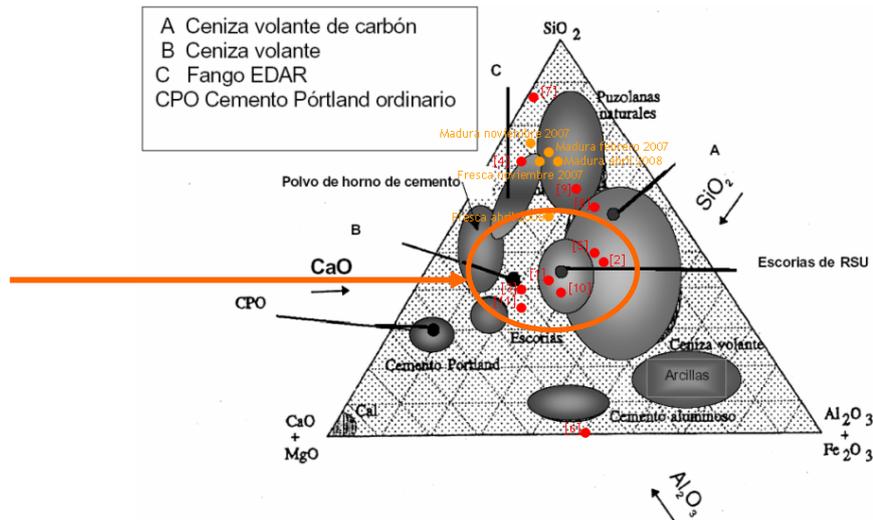
**COLOCACIÓN DEL NUEVO TESTIGO EN FORMA DE TEJA EN LA PARADA DE 2008**



✓ **Valorización de escorias**

Se está llevando a cabo un estudio sobre las posibles aplicaciones de las escorias teniendo en cuenta la actual legislación. Para ello se están analizando diferentes parámetros (elementos mayoritarios y propiedades físicas) para muestras frescas y maduras de cenizas que permitan determinar la factibilidad o no de usarlas en determinadas aplicaciones.

Se presenta a continuación el resultado de la comparativa entre diversos productos (cenizas volantes de carbón, escorias, fango EDAR, escorias) por lo que a elementos mayoritarios se refiere:



## 5- Gasificación.

El objetivo de este apartado es desarrollar el proceso de gasificación para la valorización energética del CDR extraído del rechazo de las plantas de tratamiento de RSUs. Para ello se ha avanzado en las siguientes líneas:

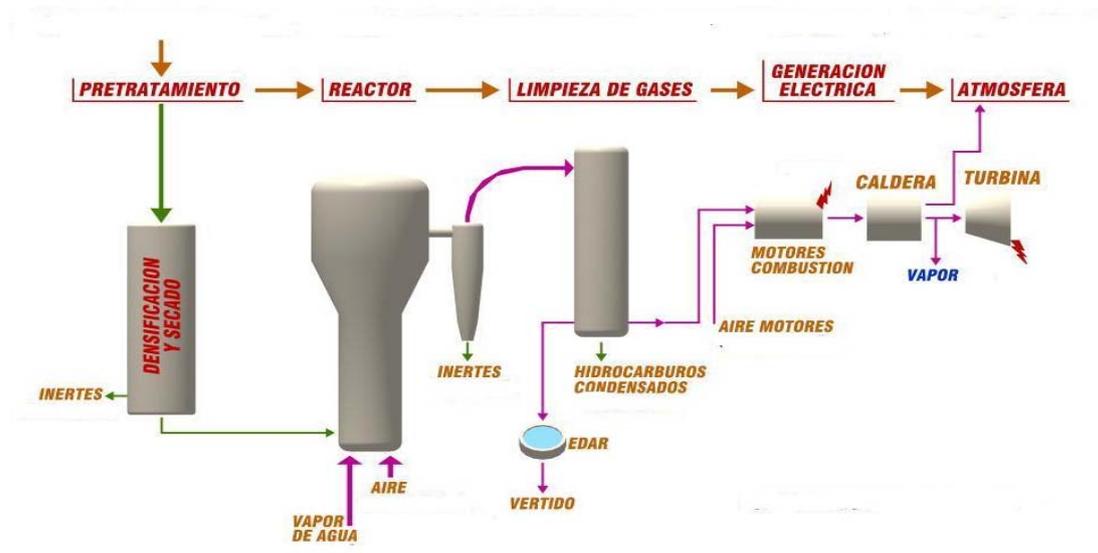
### ✓ Preparación del material a gasificar, CDR

Se ha caracterizado un material tipo CDR que sería fácilmente obtenible del rechazo de las plantas de RSU's. Este material tendría un poder calorífico suficiente como para rentabilizar comercialmente un proceso de gasificación y posterior combustión en motores con generación eléctrica. Alternativamente el gas de síntesis obtenido podría ser de utilidad en síntesis química o para la elaboración de combustibles líquidos.

En la actualidad se desarrollan ensayos de preparación de CDR para su gasificación.

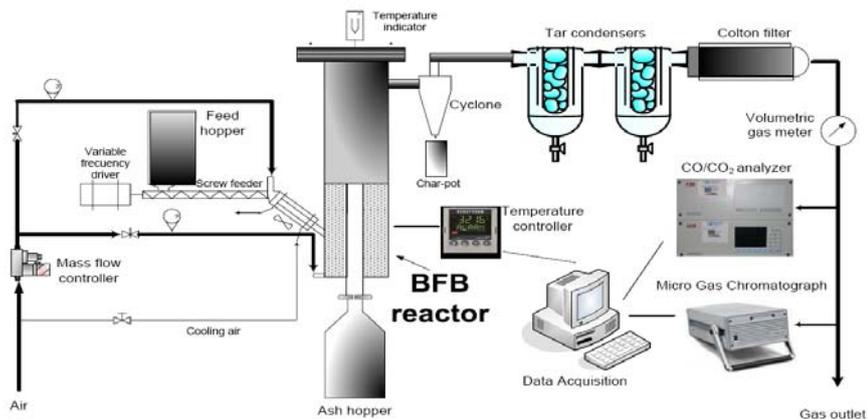
### ✓ Gasificación de materiales CDR

Se han llevado a cabo ensayos industriales de gasificación de CDR que mostraron a problemática de aplicar la gasificación a estos materiales. Entre ellos están el pretratamiento del material y la formación de hidrocarburos líquidos, tipo alquitranes, que necesitan ser eliminados del gas de síntesis antes de su aprovechamiento.



### ✓ Reactor continuo de laboratorio

Permite gasificar en continuo muestras de CDR y estudiar el comportamiento de variables como temperatura, relación estequiométrica, etc sobre la formación de alquitranes y la composición del gas. Se compone básicamente de un sistema de alimentación de sólidos, sistema de alimentación de aire, control de temperatura, reactor de lecho fluidizado con separación interna de sólidos, sistema de condensación alquitranes y sistema de análisis de gases por cromatografía. A este sistema le es posible acoplar un reactor secundario para el estudio de sistemas de eliminación de alquitranes e impurezas del gas de síntesis obtenido. El esquema de la instalación es:



### ✓ Reactor experimental de gasificación

Con el fin de comprobar los resultados seleccionados obtenidos a escala laboratorio se ha desarrollado una planta experimental con reactor autotérmico de gasificación en lecho fluidizado.

Consta de un sistema de alimentación integrado por 2 tolvas con sus correspondientes tornillos, un reactor de gasificación, un sistema de captación de arrastres y un sistema de muestreo de gases. En este caso los gases producidos son quemados en una antorcha de seguridad. El sistema está diseñado para gasificar en continuo durante periodos de hasta 24 horas. La instalación actual se muestra en la siguiente fotografía:



## 6- Compostaje.

El objetivo es analizar los parámetros que intervienen en la fermentación de la M.O. y posterior proceso mecánico de depuración para obtener un compost de la máxima calidad posible.

### ✓ **Planta experimental de compostaje**

La planta experimental de compostaje consiste en un contenedor con una capacidad de 20 m<sup>3</sup> capaz de funcionar de forma aerobia y anaerobia, bien sea por separado o de forma sucesiva en un mismo proceso.

La solera del túnel permite la aireación del material, mediante una soplante, durante las etapas aerobias del proceso. Cuenta con tres sondas de temperatura, varios puntos de riego, por encima del material y en el plenum. También cuenta con analizadores de O<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub>, SH<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> en varios puntos del circuito de gases y un sistema de calentamiento de agua para las etapas anaerobias. Para la operación de la planta hay un software de control que permite el control automático o manual de todos los parámetros del proceso.



### ✓ Pruebas en la planta experimental

Las pruebas que se plantean en el túnel de compostaje son las siguientes:

#### COMPOSTAJE:

- Estudio de la utilización de diferentes tipos de estructurantes.
- Estudio de la influencia de la calidad del agua sobre el compost final.
- Estudio de diferentes tipos de losas de repartición del aire impulsado.
- Realización de un balance de masas completo.
- Análisis de los diferentes efluentes.

#### SECADO DE LODOS EN TÚNEL:

- Estudio del secado de las diferentes subproductos de otras plantas haciendo hincapié en las plantas de biometanización (vía húmeda / vía seca).

#### BIOMETANIZACIÓN SECA:

- Estudiar la fase de biometanización de RSU en túneles. El objetivo es tener un mismo túnel que valga para hacer metanización y el compostaje.

Actualmente se están realizando pruebas de compostaje y de secado térmico, dejando para más adelante las pruebas de biometanización seca.

## 7- Sistema de control.

El objetivo de este paquete de trabajo transversal es por un lado el de desarrollar diferentes sistemas de control y por otro lado desarrollar un sistema de gestión de activos que centralice toda la información disponible en las plantas para facilitar su gestión.

### ✓ Sistema de pesaje en cintas

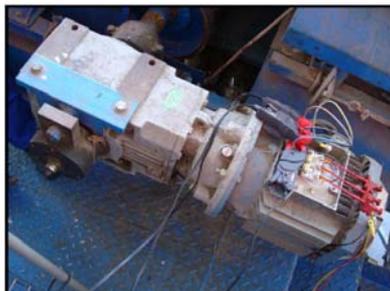
Se está desarrollando un sistema de pesaje on-line de cintas transportadoras de RSU's para el control de balance de masas en el área de pretratamiento. Este sistema está basado en la medida del par empleado por los motores que mueven las cintas de transporte.

El objetivo es desarrollar un prototipo capaz de estimar el peso transportado por la cinta sin necesidad de modificar la configuración de la cinta, ni realizar actuaciones que supongan la parada de la instalación o cambios físicos en la misma.

Se han realizado varias pruebas con los motores empleados para mover las cintas que transportan los residuos a las distintas zonas de la instalación. Tras un estudio teórico sobre la posibilidad y forma de realizar el sistema, se ha procedido a realizar pruebas con un motor, caracterizándolo en un banco de pruebas bajo condiciones de vacío y a tope de carga.

Después de efectuar las caracterizaciones en laboratorio, se procedió a verificar el comportamiento en campo de un motor semejante acoplado a una cinta y en condiciones reales de trabajo. De esta forma se dispone de información suficiente para conocer el par motor que se aplica para mover la cinta en vacío. También se dispone de información del funcionamiento del motor y su reductora en distintas condiciones de carga.

En la figura se muestra la conexión del motor, que acciona la cinta transportadora, con el equipo que registra las señales de intensidad y tensión del mismo utilizado en una prueba en la planta experimental.



Con esta información se ha procedido a calcular el par aplicado en cada caso y traducirlo a masa transportada por la cinta. La obtención de una regla matemática que permita obtener de forma automatizada los pesos transportados por la cinta cierra la primera fase de esta actividad.

La segunda fase consiste en obtener un sistema de adquisición de datos (tensiones, intensidades, etc.) de bajo coste. El sistema debe ser capaz de transmitir a un ordenador los datos obtenidos o, incluso de ejecutar la aplicación desarrollada.

#### ✓ **UrbGesBas, sistema de gestión de básculas**

Se ha desarrollado UrbGesBas, que es un programa de gestión de básculas que permite controlar tanto la entrada de residuos como la salida de los mismos y de subproductos, de las plantas de tratamiento de residuos.

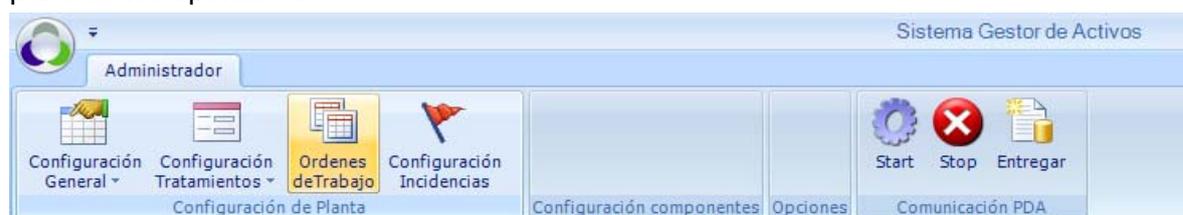


#### ✓ **Sistema de Gestión de Activos**

Se está desarrollando un Sistema de Gestión de Activos (SGA) para la gestión integrada de los distintos procesos de tratamiento de RSU de una planta definida como referencia.

Este sistema debe ser capaz de obtener la información de diversas fuentes y de suministrar esta información a los responsables de la gestión de las plantas en todos los niveles: gestores de planta, de área e incluso gerentes de Urbaser.

Adicionalmente, se está desarrollando una aplicación para agendas personales digitales (PDA) con el fin de que se utilicen en las plantas de RSU para la introducción de datos y su posterior transferencia al SGA, sustituyendo la introducción manual de los mismos por parte de los operarios.





Dentro del desarrollo del SGA se han definido los bloques que conforman una planta tipo de tratamiento de RSU sobre la que se va a trabajar:

- ✓ Básculas
- ✓ Pretratamiento
- ✓ Subproductos
- ✓ Compostaje y afino
- ✓ Biometanización
- ✓ Vertedero
- ✓ Energía
- ✓ Tratamiento lixiviados
- ✓ Tratamiento aire
- ✓ Servicios Generales.

Para cada uno de los bloques se están definiendo las variables técnico-económicas, de proceso-operación, así como de mantenimiento que se consideran necesarias para el Sistema de Gestión de Activos.

#### ✓ **Sistema de control de procesos**

Se encuentran en distintas fases de desarrollo los sistemas de control estandarizados para los procesos de:

- ✓ Pretratamiento
- ✓ Compostaje y afino
- ✓ Biometanización
- ✓ Gasificación

Estos sistemas, además de permite el control y supervisión de los procesos de planta, suministran información al sistema de gestión de activos.

## **8- Control ambiental.**

### ✓ **Efluentes líquidos**

El objetivo que se pretende es ver la viabilidad de la reutilización de los efluentes generados en la instalación (aguas pluviales y aguas depuradas en la planta de tratamiento físico – químico) en las torres de refrigeración.

Se está determinando la calidad necesaria y el cálculo de caudales. Para determinar la calidad necesaria se realizó una primera aproximación a los posibles usos que se podrían dar al agua depurada y las correspondientes calidades requeridas, y se revisó la legislación existente en relación con la reutilización de agua. En cuanto al cálculo de caudales, se ha llevado a cabo una medición de caudales (mediante caudalímetros y pluviómetros) de aguas pluviales y del agua utilizada en el proceso de refrigeración (que es donde se produce el mayor consumo de agua de las instalaciones, siendo además



uno de los usos permitidos por la legislación para la reutilización de aguas), así como una medición de pluviometría dentro de las instalaciones.

Las actividades que se están desarrollando para la optimización de la gestión de aguas pluviales de escorrentía son:

- **Fase de conocimiento hidrológico**
  - Identificación de la red de drenaje, tanto natural como artificial. Implica sectorizar la cuenca e identificar subcuencas de aportación y conductos-canales.
  - Análisis del régimen de lluvias y preparación de las mismas para su uso en modelos de simulación.
  - Establecimiento de secciones de control para flujos superficiales e instalación de caudalímetros área-velocidad. Instalación (si fuese necesario) de un pluviómetro de intensidad.
- **Fase de caracterización de polutogramas**
  - Una vez definida la parte hidráulica se procede a la caracterización polutogramas.
  - Establecimiento de secciones de control (acompañando a los caudalímetros se instalarán tomamuestras automáticos y sondas de medición en continuo (pH, CD, T<sup>a</sup> y sólidos en suspensión/turbidez).
- **Parametrización de los sucesos de lluvia y análisis estadístico**
- **Fase de modelización**
  - Se elaborará un modelo de simulación del comportamiento hidráulico de la cuenca de drenaje, de forma que se puedan configurar diferentes estrategias de gestión de aguas pluviales (valoración de una estrategia de gestión centralizada o descentralizada). Se analizarán específicamente estrategias de almacenamiento- infiltración de forma distribuida en la cuenca de forma que se minimicen los caudales finales de vertido.
- **Propuesta de estrategias de control y tratamiento de aguas de escorrentía**
- **Flujos disponibles para reutilización**
- **Medición de caudales consumidos en torres de refrigeración**

✓ **Efluentes gaseosos. Planta experimental de tratamiento de efluentes gaseosos**

Se ha construido y puesto en marcha una planta experimental de tratamiento de aire con una capacidad de 3.000 m<sup>3</sup>/h, que está compuesta por los siguientes bloques:

- Vía química:
  - Scrubber ácido
  - Scrubber básico
  - Humidificador

- Vía biológica:
  - Biofiltro
- Soplante:
- Instrumentación y control:

Actualmente se están iniciando las pruebas de la instalación experimental.



Paralelamente se ha montado y puesto en marcha una planta piloto de pruebas en la Universidad, similar a la mostrada en la foto, pero de un tamaño inferior (300 m<sup>3</sup>/h). Esta planta servirá para ajustar los modelos de simulación del proceso de absorción química con Chemcad® y para estudiar condiciones extremas. La planta tratará mezclas sintéticas de gases, lo cual permite el uso de un amplio rango de concentraciones.

#### ✓ **Efluentes gaseosos. Ensayos de absorción en laboratorio**

Para evaluar en rendimiento de absorción de algunos compuestos orgánicos más representativos de los gases generados en compostaje en distintos líquidos absorbentes se procede al montaje de una columna de absorción a escala laboratorio.

Los ensayos programados tienen los siguientes objetivos:

- Estudiar los fenómenos hidráulicos del relleno con agua y aire
- Estudiar la absorción de CO<sub>2</sub> a diferentes concentraciones para comprobar los parámetros de operación de la planta mediante el empleo de sosa como solución absorbente.

La planta está formada principalmente por una columna de absorción de 5 cm de diámetro y 2 m de longitud rellena de anillos Raschig de vidrio 6x6 que mejoran la superficie de transferencia.

En ella se pueden distinguir dos circuitos: el de líquido y el de gas. Cada uno de ellos cuenta con un número suficiente de válvulas, que permiten la variación de la dirección del flujo de gas y líquido según sean las necesidades del estudio que se quiere realizar, y de termómetros para controlar en todo momento el aumento de temperatura debido al proceso de absorción.

La impulsión del líquido absorbente a la cabeza de la columna se realiza mediante la ayuda de una bomba solenoide. Además dispone de dos recipientes de vidrio para recoger el absorbente tras su paso por la columna y el gas depurado por la absorción tras burbujear con sosa.

A continuación se muestra la planta experimental:

