



## DESCRIPCIÓN DE DETALLE DE LOS PROCESOS E INFRAESTRUCTURAS DEL CIVRM

### Recepción y descarga de residuos

A la entrada del recinto se dispone de una báscula de pesaje existente, donde todos los camiones que llegan son pesados tanto a la entrada como a la salida. Al mismo tiempo se registran todos los datos necesarios para el correcto control de los camiones que acceden al centro.

Tras su pesaje, los camiones se dirigen hacia la nave existente de recepción, donde se encuentran los fosos de descarga, de 2.300 m<sup>3</sup> y 3.350 m<sup>3</sup> respectivamente.



**1. Zona de recepción y descarga de residuos**

### **PRETRATAMIENTO**

La fracción Resto de los residuos generados en la comarca del Maresme son tratados en esta nueva planta de 190.000 t/año de capacidad, equipada con 2 líneas de clasificación.

El objetivo principal es recuperar los materiales reciclables (más de 16.000 t/año) y separar las distintas tipologías de residuos que después se envían a los demás procesos del centro.

### Alimentación

Los residuos son alimentados al proceso de pretratamiento o clasificación mediante 2 puentes grúa GH equipados con pulpo electrohidráulico de la firma Stemm.

Los pulpos descargan sobre cualquiera de los 2 alimentadores de placas modelo Leblan AP-1600, uno por cada línea de clasificación, de 30 t/h de capacidad unitaria que proporcionan una dosificación regular.



También se ha previsto la posibilidad de descargar los residuos a camiones o contenedores, para lo que se aprovecharían las 2 tolvas instaladas. Una de ellas tiene como función realizar la transferencia de FORM y la otra cumple un doble objetivo, transferir la fracción Resto o el rechazo del pretratamiento si fuera necesario en caso de emergencia.

### Triaje primario

Los citados alimentadores descargan sobre las cintas de selección manual de la cabina de triaje, en la que se han dispuesto 7 bocas de triaje por cada una de las líneas, con 2 tolvas de retirada por cada producto, una a cada lado de la cinta (excepto para voluminosos).



**2.Triaje primario**

Los materiales recuperados en este punto son:

- Film: Cae sobre una cinta que recoge también el film recuperado por los sistemas automáticos de aspiración de film. Tras pasar por un puesto de selección negativa donde se retiran los impropios, el film se prensa y almacena a la espera de su retirada por un gestor autorizado.
- Papel y cartón: Al igual que en el caso anterior, este tipo de residuos valorizables pasa a una cabina de selección “negativa” antes de ser alimentado a la prensa multiproducto desde el depósito de papel y cartón, de 42 m3 de capacidad.
- Vidrio: Desde su tolva, el vidrio cae sobre un alimentador suministrado por Jovisa, cuyo destino es un contenedor de vidrio recuperado.
- Voluminosos: Se dirigen hacia el área de voluminosos de la nave.



### Abrebolsas

Las cintas de selección manual descargan sobre sendos equipos abrebolsas de BRT Recycling Technologie (representada en España por Recovery), cuya finalidad es la apertura de las bolsas para la preparación de los residuos de cara a tratamientos posteriores.

### Triaje secundario

A continuación, los residuos se conducen hacia la cabina de triaje secundaria, donde se efectúa una nueva selección manual con bolsa abierta para recuperar vidrio y papel y cartón. Cada una de las dos cintas cuenta con 2 bocas de triaje por cada producto. Los productos recuperados siguen los siguientes pasos:

- Papel y cartón: A través de una serie de cintas transportadoras llega al depósito de papel y cartón.
- Vidrio: Se conduce hasta el contenedor de vidrio recuperado.



**3. Triaje secundario**

### Trómel de clasificación

Las dos cintas procedentes de la cabina de triaje secundario descargan el resto de material no clasificado manualmente en dos trómeles de clasificación de 18 m de longitud y con doble malla: 70 mm y 200 mm.

El avance del material está asegurado mediante una lenta rotación del cilindro sobre ruedas macizas y una estudiada inclinación de todo el conjunto. Su suministro corrió a cargo de Industrias Leblan.



En estos equipos, los elementos de tamaño inferior a 70 mm se criban en la primera sección y los de tamaño inferior a 200 mm en la segunda sección. Así, el trómel consigue separar las siguientes fracciones:

- Fracción pasante (0-70 mm): Contiene gran proporción de materia orgánica, por lo que se destinará finalmente a su bioestabilización o biometanización.
- Fracción intermedia (70-200 mm): Contiene gran cantidad de materiales aprovechables, por lo que es sometida a un proceso de recuperación.
- Fracción gruesa (> 200 mm): Se considera rechazo, por lo que se envía a la planta de recuperación energética o bien a la tolva de transferencia.



**4. Trómel de clasificación**

#### Línea de orgánico

Los materiales con tamaños menores de 70 mm, correspondientes a la fracción pasante, caen sobre una cinta situada bajo la primera sección del trómel, a la que también llega la cinta que transporta la fracción fina de los separadores balísticos. Sobre estos residuos se lleva a cabo la eliminación de elementos magnéticos de manera automática gracias al overband electromagnético R-SKM del fabricante Regulator-Cetrisa. Los férricos recuperados se envían a la prensa para metales férricos modelo CH-40 de Imabe Ibérica, con una potencia de 22 kW y una producción nominal de 1 t/h. Seguidamente, esta fracción de materia orgánica es sometida a un proceso denominado pretratamiento seco, consistente en:

- Captación neumática de plásticos film mediante un aspirador de film.
- Separación balística por medio de una cinta inclinada, lo que permite separar del flujo los rodantes y otros elementos duros.



- Cribado mediante criba vibrante Rollier de malla elástica con luz de paso de 15 mm, que a su vez separa dos fracciones:

- < 15 mm: Se envía, junto con la aspiración de film y los rodantes de la cinta balística, hacia el proceso de bioestabilización.

- > 15 mm: Se envía al proceso de biometanización.

La empresa Nestro suministró las 3 campanas para captación automática de film, modelo Nestro Windsichter, y dos separadores de film modelo Nestro 2100 con una capacidad total de hasta 38.000 m<sup>3</sup>/h por separador.

Estos sistemas de separación se caracterizan por ser sistemas compactos que implementan la automatización de la planta reduciendo las necesidades de personal de triaje y aumentando el rendimiento y calidad de los materiales clasificados en los separadores ópticos.

### Línea de material recuperable

La fracción intermedia (70-20 mm) procedente de los trómeles se conduce, previo paso por una aspiración de film, hacia los 2 separadores balísticos modelo Trennsieb TS12 de la casa austriaca Sinaweil GmbH Umwelttechnik (representada en España por Tealsa), los cuales tienen un caudal nominal de 107 m<sup>3</sup>/h. De estos se obtienen las siguientes tres fracciones:

### Finos

En la parte central se descargan los materiales finos, que pasan a través de una malla perforada de 70 mm de diámetro. Son enviados hasta la cinta que recoge los pasantes del trómel (< 70 mm).

### Rodantes

Los separadores balísticos descargan los rodantes o pesados en sendas cintas sobre las que se han colocado overband electromagnéticos R-SKM de Regulator-Cetrisa para recuperar los férricos. Estos se envían, al igual que en los demás casos, a la prensa de férricos.

El resto continúa por cinta transportadora hasta 2 separadores ópticos suministrados por Pellenc Selective Technologies, modelo Mistral M12-05 de 1.200 mm de ancho con una capacidad de tratamiento de 3.200 kg/h y dotado de simple válvula (binario), que realizan una primera discriminación de productos, separando los plásticos (principalmente envases) del resto de materiales.

Estos últimos se hacen pasar por otro separador óptico Pellenc, modelo Mistral M12- 05, que se encarga de seleccionar los bricks del rechazo. Los primeros se envían a un depósito de bricks de 30



m3 de capacidad, mientras que el rechazo se envía a la planta de recuperación energética, previo paso por un separador por corrientes de Foucault, modelo R-SPM1200 de Regulator-Cetrisa. El aluminio separado se conduce a la prensa de metales no férricos, también modelo CH- 40 de Imabe Ibérica pero con una producción nominal de 0,3 t/h.

Respecto a los materiales plásticos retirados, se someten a una segunda separación óptica en otros 2 equipos Pellenc, modelo Mistral M8-05T de doble válvula (ternario), que los clasifica en: PEAD, PET y plástico mix. Los rendimientos alcanzados con estos equipos de doble válvula superan ampliamente el 95%, tanto en eficacia de recuperación como en pureza de los materiales recuperados.

Los diferentes tipos de plásticos son descargados en sus respectivos depósitos de 30 m3 de capacidad a la espera de ser alimentados a las 2 prensas multiproducto. Estas prensas han sido suministradas, como las anteriores, por Imabe Ibérica. Se trata del modelo H- 60/1000E con una potencia de 52 kW y una producción nominal de 6 t/h. La empresa también suministró el alimentador de tablillas metálicas a estas prensas, así como los pinchabotellas desplazables acoplados en las mismas.

### Planos

Sobre la cinta que recoge la fracción de planos que sale de los balísticos se ha instalado un overband electromagnético similar a los descritos anteriormente, para eliminar del flujo los elementos férricos.

El resto de materiales no férricos se dirige a un alimentador vibrante con destino a un separador óptico Pellenc, modelo Mistral M24-05 de 2.400 mm de anchura, que selecciona el papel y cartón.

Finalmente, los materiales no seleccionados por este equipo se envían como rechazo valorizable a la planta de recuperación energética.



**5. Prensado material recuperado**



**6. Almacén de balas**

### Línea de rechazo valorizable

La tercera fracción que separan los trómeles (> 200 mm) está formada por materiales que tienen la consideración de rechazo. Por este motivo se envían a la planta de recuperación energética, junto con los rechazos de los separadores ópticos mencionados, previo paso por un overband electromagnético de Regulator-Cetrisa y una aspiración de film.

La cinta que los transporta, suministrada por Industrias Leblan, está dotada con una báscula en línea para el pesaje continuo y automatizado de las cantidades de rechazo que van a la planta de recuperación energética.

El resto de las cintas transportadoras instaladas en la planta han sido suministradas por la compañía Industrias Moreo.

## **BIOMETANIZACIÓN**

El proceso de biometanización implementado en el Centro Integral de Valorización de Residuos del Maresme corresponde a la tecnología de digestión húmeda desarrollada por la compañía alemana BTA International.

El proceso BTA® está totalmente automatizado y se compone de cuatro etapas principales: pretratamiento húmedo, digestión anaerobia, deshidratación del digesto y tratamiento del biogás. Dentro del suministro de esta empresa se incluye también la unidad de control de todo este proceso, integrada en el sistema de control global del centro.

### Pretratamiento húmedo

La fracción orgánica procedente del pretratamiento seco (con granulometría > 15 mm) es conducida mediante cinta transportadora hasta la etapa de digestión anaerobia, dirigiéndose bien hacia los pulpers o bien a los depósitos pulmón de acopio intermedio previo a los pulpers, cuya



función es la de asegurar la alimentación continua de material al proceso. Estos alimentadores de la tecnología IMA tienen una capacidad de 65 t/h. Esta fase está diseñada para recibir anualmente 35.000 t/año de fracción orgánica pretratada de la fracción Resto.

### Pulpers

El pretratamiento húmedo se compone de dos pulpers de la firma italiana Biotec Sistemi S.r.l. (socio de BTA), en los que el residuo se mezcla con agua de proceso hasta conseguir una mezcla homogénea con el contenido adecuado en materia seca.

Los residuos son cargados mediante un alimentador y un sistema de distribución situado en la parte superior del pulper. Cada uno de estos pulpers tiene 32 m<sup>3</sup> de volumen y está equipado con un agitador especial que provoca la ruptura de la materia orgánica de fácil degradación y a la misma vez desmenuza los elementos impropios (huesos, plásticos, textiles, etc.) que puedan permanecer, facilitando así la accesibilidad de los microorganismos durante el proceso de digestión anaerobia.

En la parte inferior de cada pulper destaca la presencia de dos sistemas de extracción de los residuos pesados acumulados por gravedad en el fondo. Este sistema está integrado por 4 tornillos de extracción que vierten los pesados sobre una cinta transportadora con destino al contenedor de rechazo. A la misma vez también deshidratan dichos residuos.

Por otro lado, en la parte superior de los pulpers se cuenta con un sistema de extracción de ligeros mediante unas cintas que descargan sobre el contenedor de rechazos ligeros.

Una vez finalizado el proceso, se extrae la suspensión y se conduce al dispositivo GRS (Grit Removal System), consistente en 3 hidrociclones donde se eliminan las arenas e impurezas que puedan quedar. Estas arenas son también enviadas al contenedor de rechazos pesados.

A continuación, la suspensión se conduce a 3 espesadores que permiten aumentar su proporción de sólidos totales (de 5- 7% a 10%) y después se dirige al depósito de regulación de 600 m<sup>3</sup>, el cual hace posible la alimentación continua a digestores (puesto que los pulpers trabajan en ciclos batch). De esta manera las condiciones de funcionamiento son lo más estables posibles, las variaciones de carga orgánica son menores, se reducen las oscilaciones de nivel en el digestor y además la producción y la calidad del biogás se homogeneiza.





**7. Pulpers**

### Digestión anaerobia

El proceso de digestión proyectado es mesofílico (36-38 °C) y de única etapa, en 2 digestores del tipo “mezcla completa” y 3.000 m<sup>3</sup> cada uno, combinando las funciones de hidrólisis y metanogénesis en un solo tanque.

Los digestores están formados por un cuerpo principal cilíndrico y una cúpula semi esférica. En su interior no existen elementos mecánicos o compartimentos, a excepción de las tuberías de inyección de biogás y las de vaciado. Esta simplicidad en el diseño facilita su mantenimiento, evita averías mecánicas, minimiza la formación de incrustaciones y permite el movimiento de la suspensión con un consumo energético mínimo en un entorno uniforme.

El detalle de la ingeniería de los digestores fue responsabilidad de BTA pero su construcción, al igual que la del depósito de regulación, corrió a cargo de la empresa Itecma. Se trata de digestores metálicos con recubrimiento de fusión en polvo electrostático.



**8. Digestores/Motores Cogeneración**



### Agitación y mezcla

El sistema de agitación consiste en la inyección de parte del biogás producido mediante dos compresores de paletas refrigerados por aire (uno por digestor). Esto evita la sedimentación de sólidos y garantiza las mejores condiciones de proceso respecto a pH, temperatura y concentración de nutrientes.

El sistema de mezcla se basa en un conjunto de tuberías de acero inoxidable, instaladas en el eje central del digestor, que distribuye el biogás a presión en el interior de éste. Esto provoca una especie de movimiento en célula de convección, de forma que el material es arrastrado hacia la parte superior del digestor y a la vez el material de la parte superior, al ir aumentando su densidad, desciende.

Nuevamente, la ausencia de elementos mecánicos dentro del digestor facilita este movimiento y dificulta la creación de “zonas muertas” o incrustaciones.

### Sistema de calefacción

Debido a que el proceso de digestión anaerobia requiere alcanzar y mantener una temperatura constante, se dispone de un sistema de calefacción de la suspensión mediante 2 intercambiadores de calor (uno por digestor). Las posibles fuentes de aportación de calor son dos: circuito de refrigeración de las camisas de los motores y aportación de calor del Tub Verd.

La suspensión, una vez calentada, entra al digestor por su parte inferior, a la altura del sistema de inyección de biogás y es arrastrada inmediatamente hacia arriba y mezclada con el material que ya está en el reactor.

Los digestores llevan instalados equipos de control con el fin de monitorizar la temperatura antes y después del paso de la suspensión por los intercambiadores de calor, y para controlar también el flujo de agua caliente circulando en los mismos.

### Sistema de seguridad

Los digestores están equipados con sondas de nivel de llenado y de presión, tanto para el material como para el biogás. Adicionalmente, para los casos de sobrellenado se ha previsto un depósito que recogería el material en exceso.

El sistema de seguridad para prevenir un exceso de presión consta básicamente de una antorcha de seguridad y una válvula de seguridad instalada en el propio digestor, que permitiría un escape de emergencia a la atmósfera.



Todos los equipos están equipados con válvulas y apaga-llamas. Asimismo, el sistema incluye también un equipo de detección de fugas y alarma de gas en el edificio donde se encuentran los compresores.

### Higienización

Posteriormente a la digestión se dispone de un sistema de higienización de la suspensión que incluye 3 depósitos de 25 m<sup>3</sup> cada uno, equipados con agitadores Ekato FD80 de 6 m de longitud de eje, suministrados por la empresa Caperva Química.

Mediante un sistema de intercambiadores de calor de doble hélice se lleva la mezcla hasta los 70 °C durante una hora. A continuación se hace pasar por un intercambiador de calor para refrigerarla y así poder deshidratarla después. En esta fase se aprovecha la energía térmica del circuito de alta temperatura de los motores de cogeneración.

### Extracción y deshidratación del digesto

La suspensión digerida e higienizada es extraída mediante bombas directamente a los 3 tornillos deshidratadores instalados, los cuales están interconectados entre sí para poder utilizar indistintamente cualquiera de los tres. Para mejorar la eficacia de la separación se añade polielectrolito floculante antes de la entrada a estos equipos.

El fango separado -unas 16.000 t/año- se dirige mediante cinta transportadora hacia el área de bioestabilización, mientras que el líquido obtenido se almacena en un tanque pulmón de agua de proceso de 250 m<sup>3</sup>. Al- rededor del 50% de esta agua se reutiliza inmediatamente en los pulpers, mientras que el resto se somete a un tratamiento desarrollado por BTA y consistente en la eliminación de sólidos suspendidos. Parte del caudal resultante se recircula al proceso, mientras que el resto se envía a la planta de depuración de aguas residuales.

### Tratamiento del biogás

La producción de biogás se ha estimado en 4,45 millones de Nm<sup>3</sup>/año, con un contenido en metano de aproximadamente 60%.

Para su aprovechamiento en los motores de cogeneración se ha dimensionado una instalación compuesta por: tuberías y accesorios, compresores de recirculación, sistema de desulfuración, sistema de secado del biogás y alimentación a motores.

La desulfuración se realiza mediante un sistema biológico-filtro percolador.

El secado del biogás se efectúa por medio de una planta enfriadora que actúa sobre un intercambiador-condensador de 30 kW de potencia.



A diferencia de otras plantas similares, en este caso no se ha contemplado la instalación de un gasómetro debido a que los propios digestores realizan las funciones de depósitos pulmón. Para ello se cuenta con detectores de nivel de líquido, transmisores de presión y temperatura que, conjuntamente con el analizador de gases, indican en cada momento la reserva de biogás disponible en el interior de los digestores. Este sistema cuenta con una antorcha de emergencia para quemar el biogás en caso de exceso de biogás.

### Cogeneración

El biogás producido en la digestión se emplea como combustible en 2 grupos motogeneradores MWM, modelo TCG2016C V16, de 800 kWe cada uno. Estos grupos presentan una muy elevada eficiencia eléctrica, permitiendo que con un consumo de unos 392,5 m<sup>3</sup>/h por grupo de biogás funcionen a plena carga, generando en conjunto 1.600 kWe.

Están montados en contenedor, con el correspondiente aislamiento acústico y con los equipos necesarios para la recuperación de la energía térmica liberada por la combustión.

En la planta se aprovecha el calor del circuito de alta temperatura mediante un intercambiador de placas y el calor de los gases de escape mediante un intercambiador pirotubular. Esta energía térmica se puede ceder a los digestores o para la higienización del digesto, tal y como se citó anteriormente, a la red de distribución de calor de Mataró (Tub Verd) o se puede disipar mediante aerorrefrigeradores.

Los contenedores cuentan además con una doble rampa de gas, permitiendo el funcionamiento con gas natural en situaciones de ausencia de biogás. De este modo, se permite el aporte continuo de calor a la planta a través de los motores. Gracias a estos módulos de cogeneración, la planta es capaz de producir hasta 13 GWh/año de electricidad, que se exporta en su totalidad a la red general.

### **BIOESTABILIZACIÓN**

Parte de la fracción orgánica seleccionada en el pretratamiento, así como el digesto deshidratado procedente del área de biometanización, se conducen hacia la nave de bioestabilización, con capacidad máxima para 75.000 t/año.

El sistema de bioestabilización es un proceso de alto nivel tecnológico que permite que todo el proceso biológico esté automatizado y controlado por PLC. La tecnología elegida ha sido la de la firma italiana Sorain Cecchini Tecno (SCT).

La bioestabilización de la materia orgánica se desarrolla en una nave cerrada de aproximadamente 132 x 35 x 9 m y mantenida en depresión mediante un sistema de aireación forzada a través de la solera del reactor, a fin de evitar emisiones no controladas de aire.



Este aire se trata posteriormente en una instalación de desodorización.

El proceso biológico como tal se realiza en el interior del denominado “reactor de bioestabilización”, de 120 x 26 m de superficie.

A continuación se describe el proceso:

La fracción orgánica se descarga automáticamente en el interior del reactor mediante una cinta transportadora dotada de carro Tripper que recorre uno de los dos lados largos (120 m) y distribuye el material adosado a la pared, que es de acero inoxidable.

Las pilas de materia orgánica alcanzan una altura de unos 2,5 m. El producto es posteriormente volteado y removido automáticamente con una frecuencia diaria mediante un puente equipado con tornillos volteadores. Durante un tiempo de aproximadamente 6 semanas (varía en función de la carga), el puente efectúa el desplazamiento del material desde el lado de carga al lado de descarga.

Una vez que termina el proceso, el material bioestabilizado se descarga automáticamente en una cinta transportadora mediante un mecanismo rotacional de paletas. Dicha descarga se realiza de manera dosificada durante las operaciones de volteo, permitiendo así el envío directo a la línea de afino.

El mantenimiento de las condiciones óptimas para el proceso biológico de transformación aeróbica de la biomasa en un bioestabilizado, se hace posible gracias al volteo del material y al sistema de aspiración de aire por debajo de la masa de residuos, que garantiza la oxigenación del material y la eliminación del calor en exceso.

Igualmente, se monitorizan y registran en continuo y automáticamente todos los parámetros biológicos importantes -temperatura, humedad y depresión- para asegurar que el proceso alcance y mantenga una temperatura de entre 55 y 60 °C, necesaria para la higienización del producto y la correcta transformación de la materia orgánica en bioestabilizado. Por último, durante la bioestabilización se generan aguas de proceso que son posteriormente tratadas y recirculadas al mismo.



**9. Reactor de bioestabilización**

### Afino del bioestabilizado

El producto estabilizado, con una granulometría de 0-70 mm y una densidad de 700 kg/m<sup>3</sup> con una humedad que puede variar entre 25-30%, llega automáticamente de la descarga de la nave de bioestabilización hasta la instalación de afino mediante un transportador de cadenas suministrado por la empresa Sinfimasa. Este equipo, con una capacidad de trabajo de 25 t/h, tiene una anchura útil de 800 mm y 9.400 mm de longitud (5.700+3.700). El segundo tramo tiene una inclinación de 60°. La cadena es de tipo forjada doble.

El proceso de afino comienza con un alimentador de doble hélice dotado de tolva de carga de 24 m<sup>3</sup>, modelo Leblan AC-2H, que descarga sobre una serie de cintas transportadoras que tienen como destino una criba vibrante Rollier de 15 mm de malla elástica.

Del proceso de cribado se obtiene:

- Fracción de tamaño > 15 mm: Cae sobre un contenedor denominado “rechazo pesado de afino”. Parte de este rechazo va a la planta de recuperación energética y la otra a depósito controlado.
- Fracción de granulometría < 15 mm (pasante): Se conduce al alimentador vibrante de la mesa densimétrica, que además incluye un ventilador, un ciclón y un filtro de mangas de la firma Moyven como sistema de captación de polvo. Este alimentador distribuye el material como paso previo a la mesa densimétrica, favoreciendo de esta manera su funcionamiento. Finalmente, la mesa densimétrica, suministrada por Gosag, separa las siguientes fracciones:
  - Compost final, que se puede dirigir a un troje o a la carga de camiones a través de cintas transportadoras.
  - Rechazo inerte no valorizable, formado por piedras, vidrios y demás elementos duros separados en la mesa densimétrica: Se traslada a depósito controlado.



**10. Nave de afino**

## **VALORIZACIÓN ENERGÉTICA**

La planta de recuperación energética del Centro Integral de Valorización de Residuos del Maresme data del año 1994 y fue diseñada en base a 2 líneas idénticas de 10 t/h de capacidad nominal para residuos con un PCI alrededor de 2.000 kcal/kg. Comprende un sistema de generación de energía eléctrica de 11,25 MW de potencia, con un coeficiente de generación energética de 526 kWh/t residuo.

La reciente ampliación y adecuación de estas instalaciones ha permitido incrementar su capacidad térmica y ajustarla al nuevo residuo de entrada -los rechazos del pretratamiento, los rechazos voluminosos y parte de los rechazos valorizables del afino, hasta un total de 104.500 t/año-, incorporando la última tecnología de control de combustión y emisiones. Así, la planta tratará ahora residuos con un PCI comprendido entre 2.600 y 2.800 kcal/kg y la carga térmica de cada línea se ha incrementado un 20%.

Entre los criterios seguidos se encuentra adaptarse al nuevo residuo a tratar y optimizar las condiciones de explotación de la antigua planta. El proyecto hace también posible la autosuficiencia de la comarca en lo que se refiere al tratamiento de sus propios residuos, sin dependencia de instalaciones externas. Además, permite aportar 80 GWh/año a la red eléctrica general y 7,5 t/h de vapor al Tub Verd.

A continuación se describen las partes principales de la planta de recuperación energética, con las modificaciones más importantes que se han implementado en cada una de ellas.



## Horno-caldera

Los dos hornos de parrillas están constituidos cada uno por 13 escalones fijos y móviles compuestos de placas que se mueven en sentido opuesto al desplazamiento de los residuos y con cierta inclinación, lo que permite la combustión constante y homogénea de los residuos. En el sentido de avance de la parrilla se pueden diferenciar 5 zonas: secado de los residuos (zona 1), final del secado y comienzo de la combustión (zona 2), combustión principal (zona 3), final de la combustión y enfriamiento de las escorias (zonas 4 y 5).

Cada horno dispone de una caldera de recuperación de circulación natural que produce vapor sobrecalentado y que está constituida por cinco pasos verticales: el 1er y 2º paso lo componen dos cámaras con paneles tubulares destinados a enfriar el gas, el 3º incluye el haz de tubos vaporizadores y los sobrecalentadores, y en el 3º y 5º paso se sitúan los economizadores.

Los 2 conjuntos horno-caldera han sido adaptados a los nuevos parámetros de entrada (aumento del PCI de los residuos y de la carga térmica), por lo que se han realizado trabajos fundamentalmente en el sistema de combustión, el sistema del aire de combustión y la mejora de la regulación de la combustión.

- Sustitución de los 2 armarios hidráulicos existentes, lo que dota a la instalación de mayor fiabilidad a la vez que contribuye a mejorar la combustión.
- Instalación de retornos analógicos en el movimiento de las parrillas y de los alimentadores.
- Sustitución de los cuadros neumáticos de mando de las clapetas de evacuación de los finos bajo las parrillas.
- Modificación de los medios de reglaje del reparto del aire primario bajo parrilla, sobre todo en las zonas 2 y 3.
- Modificación de los conductos de aire de combustión para que el aire impulsado por el ventilador de aire total existente se utilice únicamente como aire primario. Por lo tanto, el aire secundario ya no es precalentado.
- Instalación de un nuevo ventilador de aire secundario de 20.000 Nm<sup>3</sup>/h de caudal nominal y accionado por variador de frecuencia, al no poder el existente suministrar un caudal y presión suficientes. Y, por lo tanto, nuevos conductos de aire secundario adaptados a dicho equipo.
- Instalación de nuevos conductos (con registros de reglaje y la instrumentación necesaria) para el aire secundario aguas arriba del ventilador, para formar 2 niveles de inyección a cada lado de la cámara de combustión.





- Colocación de nuevos instrumentos, algunos para reemplazar los existentes. Destaca la instalación de pirómetros IR en el 2º paso de las calderas, para medir la temperatura de los gases de combustión y por lo tanto regular más eficazmente el proceso, así como la instalación de una cámara IR en cada horno, de manera que se controle en todo momento la situación de la combustión de forma rápida, sin necesidad de contacto y sin alteración del proceso.
- Incorporación de las medidas complementarias necesarias para la optimización de la combustión (estabilidad, calidad de la combustión mediante una regulación de fuerte reactividad gracias a medidas apropiadas de los gases y del control del reparto del fuego sobre la parrilla y de su intensidad).
- Sustitución del armario de control de la combustión existente por un armario de control del mando “combustión” por horno.

La firma francesa Leroux & Lotz Technologies ha sido responsable de las modificaciones realizadas en las dos calderas, siendo Emmsa la encargada del montaje de las mismas y Pricast de las conducciones de aire. Por otra parte, la compañía danesa Dublix Engineering fue seleccionada para llevar a cabo la optimización del proceso de combustión de las 2 líneas con su sistema de control automático FuzEvent.

### Modificaciones de las calderas

El aumento de la carga térmica del 20% de los hornos conlleva un ascenso de la temperatura de los gases de combustión en la cámara de combustión. Por esta razón se ha colocado un nuevo recubrimiento antidesgaste sobre las paredes del hogar y los tubos de las calderas, el revestimiento de Inconel 625. Éste no solo mejora la conductividad térmica de los tubos sino que además los protege de la corrosión. Kaefer fue la empresa encargada de retirar el material de aislamiento existente y montar el nuevo aislamiento y recubrimiento exterior.

Aquilex WSI, por su parte, suministró el nuevo revestimiento de las calderas.

Las modificaciones realizadas en las calderas permiten, por un lado, absorber la carga térmica suplementaria producida por la incineración de residuos con mayor PCI gracias principalmente al citado recubrimiento y a la colocación de haces de tubos adicionales y la sustitución de algunos de los existentes en la cámara de combustión y, por otro, mejorar su rendimiento térmico consiguiendo que los gases de combustión salgan de los economizadores a 190 °C en lugar de 220-250 °C, a través de la colocación de niveles de economizadores adicionales como complemento a los economizadores con aletas existentes.

Entre los trabajos realizados también se encuentra la colocación de un nuevo sistema de limpieza en el caso de producirse un ensuciamiento excesivo de los tubos; la instalación de un nuevo separador de agua-vapor para garantizar una óptima calidad de vapor, especialmente para su



utilización en las turbinas; diversos cambios en el refractario de la cámara de combustión; y la adaptación del conducto de gases que unen las calderas con el tratamiento de gases.

### Valorización energética

El CIVRM incorpora un grupo turbo-alternador de condensación de 11,25 MW/13.125 kVA para generar energía eléctrica. Ahora se ha visto reforzado con un segundo grupo de 2,3 MW que incluye:

- Turbina Siemens-KKK modelo Twin CRA 36 de 8.000 rpm de velocidad de rotación.
- Reductor de un solo tren con dientes helicoidales dobles, para reducir la velocidad de la turbina a 1.500 rpm.
- Alternador de 6.000 V de tensión, 1.500 rpm y 3.050 kVA, de Leroy-Somer.
- Sistema de lubricación y de refrigeración.
- Armarios de regulación, medida y protección.

Todo el vapor producido en las calderas de recuperación, a 61 bar y 380 °C, se alimenta prioritariamente al grupo turbo-alternador antiguo, enviándose el excedente al nuevo grupo.

Adicionalmente, el aerocondensador existente (para 51 t/h de caudal de vapor) se ha complementado con 2 células de aerocondensador GEA Ibérica de 10 t/h de caudal cada una, con el objetivo de aumentar sus prestaciones. Una de ellas sirve al nuevo grupo turbo-alternador y la otra se ha instalado como refuerzo del grupo existente en periodos estivales. Ambos permiten obtener una presión de condensación de 115 mbar para una temperatura exterior de 24 °C. Se ha añadido una batería de eyectores para este segundo aerocondensador así como un circuito de condensados.

Por otra parte, se ha previsto un sistema de by-pass del nuevo grupo turbo-alternador para los casos de parada, en cuyo caso el caudal de vapor es admitido en el aerocondensador tras ser atemperado mezclándolo con agua.

La ingeniería correspondiente a este apartado de valorización energética, así como el suministro y montaje de los analizadores para la monitorización de gases, fue adjudicada a la empresa Pasch. Las tuberías implicadas fueron instaladas y montadas por Influisa.



**11. Turbina Siemens KKK**



**12. Aerocondensadores**

### Tratamiento de gases

Desde el año 2005 (tras la consiguiente renovación para dar cumplimiento a la normativa vigente) el proceso de depuración de gases es de tipo semi-húmedo seguido de un tratamiento seco, en el que los reactivos (lechada de cal, cal hidratada y carbón activo) se inyectan en la corriente de



gases, complementado por el tratamiento de los óxidos de nitrógeno mediante un proceso SNCR (reducción selectiva no catalítica) consistente en la inyección de urea en la cámara de combustión del horno. Además, la instalación incluye un filtro de mangas para separar los residuos de la depuración de gases.

Con motivo de las modificaciones descritas relativas al funcionamiento de la combustión y en los conjuntos horno-caldera, el caudal de gases de salida aumenta y su temperatura disminuye. Por todas estas razones ha sido necesario adaptar el tratamiento de gases existente a las nuevas condiciones, adecuando algunos equipos a la nueva situación y cambiando otros por unos de mayor capacidad.

### Tratamiento catalítico de los NOx

Uno de los principales trabajos efectuados ha sido la incorporación de un tratamiento de gases mediante un proceso de desnitrificación (DeNOx) con un sistema catalítico SCR a la salida del tratamiento de gases existente. Son 2 líneas de 70.000 Nm<sup>3</sup>/h de caudal máximo cada una. Las empresas Defisa y Fuel Tech fueron las encargadas de su ingeniería, instalación y montaje.



**13. Tratamiento SCR**

En este proceso, mediante la adición de amoníaco mezclado con aire (actúa como agente reductor) a los gases y el paso a través de un catalizador, se hace reaccionar este reactivo con los óxidos de nitrógeno, produciendo nitrógeno y vapor de agua.



Los reactores catalíticos (uno por cada línea de incineración) se han instalado tras el filtro de mangas. En ellos se lleva a cabo la adición de la solución amoniaca al 25% en peso por medio de 3 (2+1R) bombas dosificadoras que aspiran de un depósito de almacenamiento de 35 m<sup>3</sup> de volumen y fabricado en acero inoxidable.

Se dispone de un intercambiador gas/gas de placas que recupera la energía de la catálisis para recalentar los gases de 150 °C a 230 °C en la salida del ventilador de tiro existente. Y también un intercambiador gas/vapor de tubos lisos a la salida del anterior, que utiliza vapor saturado de la caldera para calentar los gases de 230 °C a 250 °C. De esta manera se evita el recalentamiento con quemador de gas natural.

Tras el SCR se ha colocado un ventilador de tiro complementario que permite la circulación de los gases a través del conjunto de equipos que configuran el sistema SCR, desde el escape del ventilador de tiro existente hasta la chimenea existente. Este nuevo ventilador es de tipo centrífugo y su velocidad de rotación máxima de 1.000 rpm.

Por último, los gases completamente depurados se conducen desde el ventilador de tipo complementario hasta la chimenea existente de 45 m de altura. Los conductos correspondientes al ventilador de tiro existente han sido desmontados.

El sistema de analizadores en continuo se complementa con un analizador en continuo de mercurio por línea, de la marca Sick.

### Sistema de control

Por último, el sistema de control ha sido desarrollado por Suris y ABB para controlar en todo momento el estado de los procesos. Suris se ha encargado también del montaje eléctrico y de sustitución, y ABB del sistema de medida.

### **ÁREA DE TRANSFERENCIAS**

La planta incluye dentro de sus instalaciones una estación de transferencia con capacidad para transferir 49.000 t/año de determinados residuos domiciliarios previamente separados por los ciudadanos, con el objetivo de ser transportados a un centro de recuperación/ reciclado adecuado.

Los residuos recibidos son:

- FORM: La fracción orgánica de los residuos municipales se receptiona en una partición del foso de recepción de la fracción Resto. Desde aquí se alimenta con los mismos pulpos a los contenedores.



- Envases: Cuentan con un foso de descarga, desde donde son enviados a un compactador de la marca Hyvapress, suministrado por Hyva Ibérica. Se trata de la prensa modelo SHD-2500 BS, equipada con un sistema de carros que permite dar una producción teórica de hasta 400 m<sup>3</sup>/h. El equipo está totalmente automatizado, cuenta con sistema automático de cambio de contenedor, cierres y guillotinas, todo gestionado informáticamente.
- Papel y cartón: Al igual que los envases, este tipo de residuos dispone de su foso de descarga y finalmente van a parar a una prensa existente.
- Vidrio: Desde su foso de recepción son enviados a sus correspondientes contenedores.

Por otra parte, existe una instalación destinada a los residuos voluminosos (RAEE, muebles, chatarra, etc.), tanto los que llegan de la recogida, como de los que son separados en el triaje primario, con una capacidad de 6.000 t/año. El objetivo es separar manualmente todos aquellos materiales que puedan reciclarse, los cuales se entregan a gestores autorizados o recicladores, de los que se pueden triturar y enviar a la planta de recuperación energética.

Para dicha trituración la empresa Metso Denmark A/S (representada en España por Protecnic 1967) suministró un triturador modelo M&J 4000S-9 HD que se alimenta mediante un pulpo hidráulico móvil. Esta unidad se caracteriza por tener una mesa de corte de grandes dimensiones con un volumen de 4 m<sup>3</sup> con dos ejes de diez cuchillas cada uno tipo Heavy Duty (HD) de dos hileras hacia delante y dos hacia atrás. Todo ello junto con una motorización electrohidráulica de 2x132 kW asegura un tamaño de salida del material de <250 mm y una producción de 20-50 t/h dependiendo del tipo de residuos y densidad de los mismos.

Tras esto, la fracción resultante pasa a una cinta nervada que cuenta con un separador magnético para eliminar los férricos. Este flujo se une después con el rechazo del pretratamiento para ser enviado hacia la recuperación energética.

## **DESODORIZACIÓN**

El sistema de ventilación y desodorización del CIVRM está preparado para tratar un caudal máximo de 400.000 Nm<sup>3</sup>/h de aire.

La instalación de los sistemas de ventilación mecánica y de control corrió a cargo de la empresa Ingeinsa, mientras que la empresa Sistemas y Tecnologías Ambientales (STA) realizó el diseño, fabricación e instalación del sistema de desodorización.

La selección de la combinación de tecnologías de tratamiento de olores en esta planta fue llevada a cabo teniendo en cuenta las condiciones singulares de extrema vulnerabilidad ambiental por olores del entorno de dicha instalación, situada en una zona de gran interés turístico y con una nueva proyección sociourbanística.



El sistema de desodorización se compone de los siguientes elementos:

- Biofiltro de alta tecnología con capacidad de hasta 250.000 Nm<sup>3</sup>/h, con soporte inorgánico e inoculado con microorganismos específicos, de la empresa danesa BBK Bioairclean A/K (BBK).
- Sistema de oxidación térmica regenerativa (RTO) de la firma inglesa Environmental Integrated Solutions (EIS), de 50.000 Nm<sup>3</sup>/h de capacidad para tratar las emisiones más concentradas. Previamente son sometidas a un lavado ácido con ácido sulfúrico para disminuir la concentración de amoníaco.

Asimismo, se prevé utilizar hasta 100.000 Nm<sup>3</sup>/h del aire captado en el centro como aire primario/secundario para la combustión de los residuos en la planta de recuperación energética.



**14. Tratamiento de aires (biofiltro/RTO)**

## **PLANTA DEPURADORA**

El tratamiento de las distintas corrientes de aguas residuales generadas en el CIVRM se lleva a cabo en una nueva planta depuradora diseñada y suministrada por la empresa alemana Wehrle Umwelt GmbH.

Esta nueva planta está basada en la tecnología de Reactores de Biología con Membranas Biomembrat<sup>®</sup>. Cabe destacar que el concepto propuesto por Wehrle ha considerado el máximo aprovechamiento de todos los elementos existentes, entre ellos el edificio de la antigua depuradora en cuya zona se ubican los equipos de la nueva instalación.

La tecnología Biomembrat<sup>®</sup> representa el “estado del arte” y está considerada como una de las mejores tecnologías disponibles (MTD) en el mercado para el tratamiento tanto de aguas biodegradables como de difícil biodegradación con alta carga orgánica y amoniacal, como son los

lixiviados o efluentes procedentes de la biometanización y el compostaje que se llevan a cabo en el centro.



**15. Depósitos del tratamiento de aguas**

La elevada calidad del efluente permite además su reutilización en los distintos procesos de producción mientras que la fracción no reutilizada es tratada mediante un proceso de ósmosis inversa hasta lograr los parámetros exigidos en el vertido.

El elemento central de este proceso de tratamiento es un biorreactor con membranas externas de ultrafiltración según el proceso Biomembrat®. El diseño se ha realizado para un caudal de tratamiento de 180 m<sup>3</sup>/día y unas concentraciones de entrada de 10.000 mg/l de DQO, 1.800 mg/l de nitrógeno amoniacal y una conductividad de 16.000 µS/cm.

La instalación está compuesta fundamentalmente por las siguientes partes:

- Una biología aeróbica y anóxica de lodos activos donde se producen de manera estable los procesos de nitrificación, desnitrificación y oxidación biológica de los compuestos orgánicos, equipados con un sistema de aireación de alta eficacia capaz de aportar a los microorganismos el oxígeno necesario para oxidar la alta carga contaminante contenida en el lixiviado.
- Un sistema de membranas externas de ultrafiltración de flujo cruzado, donde se consigue la separación completa de la biomasa del agua depurada.
- Dada la exigencia de los parámetros en algunos de los procesos del centro, así como en la fracción destinada a vertido directo, la instalación dispone también de un tratamiento terciario mediante ósmosis inversa para una corriente parcial del permeado de la UF.





**16. Osmosis inversa**

En el proceso Biomembrat® se produce una reducción de la contaminación de compuestos carbonosos (DQO), a la vez que se elimina casi en su totalidad su contenido en nitrógeno amoniacal (NH<sub>4</sub>-N) mediante un ciclo combinado de nitrificación/ desnitrificación. Con la retención de la totalidad de la biomasa en la ultrafiltración, los procesos biológicos de degradación se realizan bajo las mejores condiciones de estabilidad, fiabilidad y rendimiento.

Debido al tamaño de poro de las membranas (20 nm) el efluente de salida de la ultrafiltración está libre de gérmenes y bacterias, lo que permite su reutilización en otras partes del proceso. Con la separación de la biomasa por medio de membranas de ultrafiltración de flujo cruzado se consiguen concentraciones de biomasa de 5 a 10 veces superiores a los procesos biológicos convencionales.

Por esta razón el volumen de reacción necesario para la biología se reduce considerablemente, consiguiendo instalaciones muy compactas y con poca necesidad de espacio en comparación con las depuradoras biológicas convencionales.

El control de la instalación se realiza desde una sala local equipada con un PC y un software de visualización y control del proceso. Este sistema permite la visualización de la instalación y la operación automática de la planta.

## **CIRCUITO DE VISITAS**

El nuevo CIVRM, además de conseguir el máximo rendimiento en el pretratamiento y la valorización energética de los residuos, será un lugar pionero de concienciación y aprendizaje gracias a las actividades pedagógicas que se llevarán a cabo en diferentes espacios a lo largo del recorrido por la instalación.

El circuito de visitas integra tótems y explicaciones de educadores ambientales, los ingenios del aula ambiental, los vídeos de la esfera verde o el simulador de residuos. Estas zonas permitirán



saber qué se hace en la planta, por qué se hace, cómo se hace, qué pasaría si no se hiciese y cuál debe ser nuestro papel como ciudadanos en todo el proceso. En definitiva, concienciarnos de la problemática de los residuos y cuáles son las soluciones que se han activado para hacerle frente, tanto a nivel colectivo como individual.

### Aula ambiental

Está integrada por tres ámbitos:

- **Ámbito A:** Sección dividida en tres módulos, donde se expone la problemática que representan los residuos en la sociedad.
- **Ámbito B:** Sección dividida en cuatro módulos, donde se expone qué se hace en el centro con los residuos.
- **Ámbito C:** Sección con un solo módulo, donde se expone lo que se puede hacer desde casa para minimizar los residuos.



**17. Aula ambiental**

### Pasarela de visitas

Se dispone de un recorrido de visitas elevado de 1.400 m con un total de 15 tótems explicativos en distintos puntos para explicar el proceso de la planta de tratamiento.

Además, en la planta se ha instaurado un código de colores que facilita el seguimiento de cada una de las líneas: verde (fracción orgánica), roja (rechazo), amarillo (residuo de entrada) y azul (línea de tratamiento de los residuos).



Desde esta pasarela es posible contemplar la cubierta solar del centro; una instalación fotovoltaica de 2.150 m<sup>2</sup> de superficie capaz de producir 400.000 kWh/año de electricidad.



**18. Pasarela de visitas**

### Simulador de residuos

Permite acercarse de una forma muy especial al funcionamiento de la planta desde un viaje a la tecnología de la maquinaria y el recorrido de los residuos por los diferentes procesos. Este simulador permite convertir el proceso industrial en una pequeña aventura espacial y sensorial, gracias a una película 3D y las plataformas móviles.

### Esfera Verde

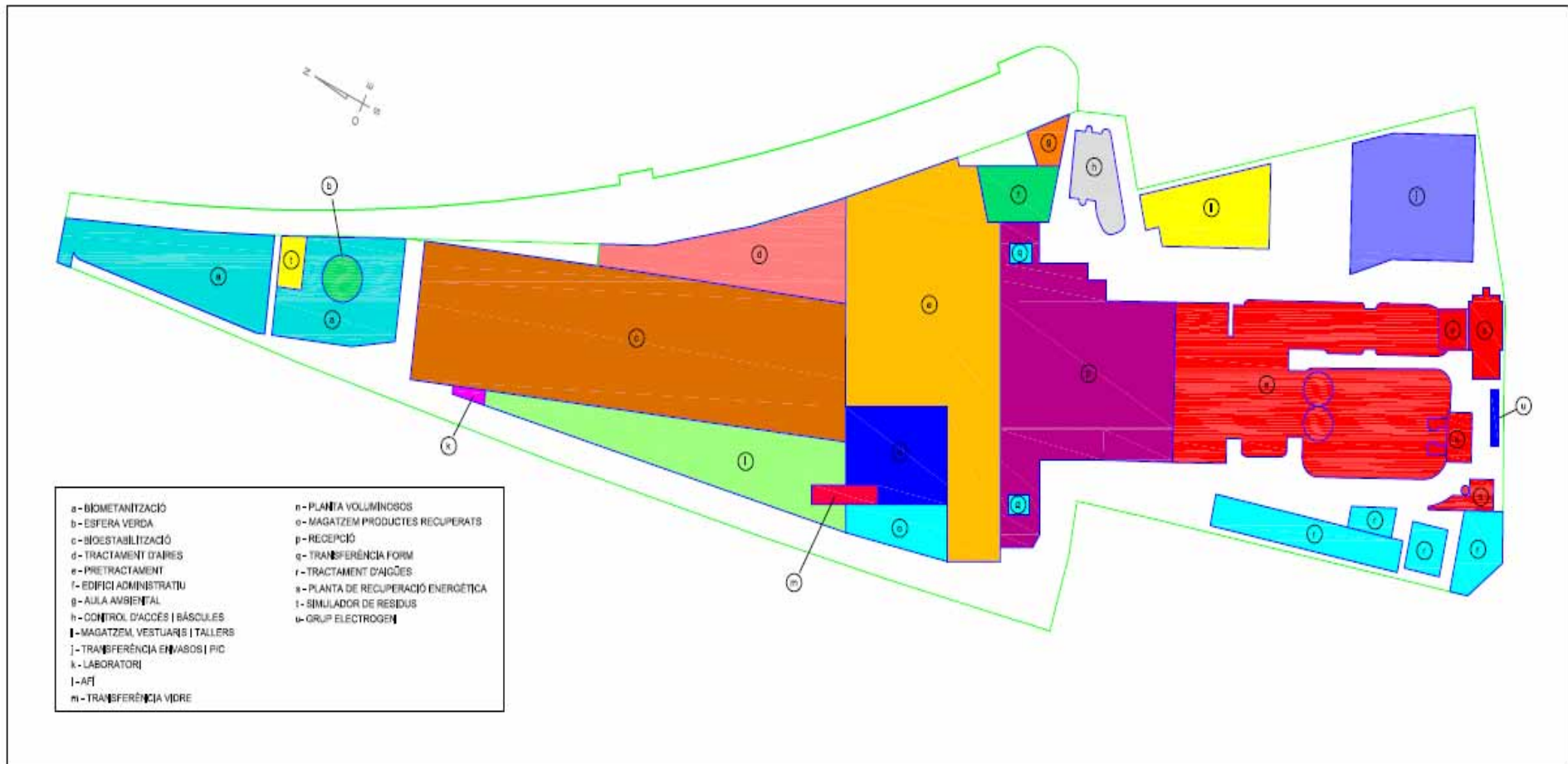
Es un espacio de reflexión posterior a la visita del simulador y pretende ser un punto de demostración que otra realidad es posible y que se está produciendo.

Con la Esfera Verde se pretende explicar cómo todo el concepto de la revolución verde se pone en práctica con personas con nombres y apellidos que apuestan para intentar poner su granito de arena para transformar la realidad: la voluntad de trabajar por alternativas limpias, la creación de nuevas fuentes de energía renovable como la solar o el biogás, la optimización de la recuperación energética, las nuevas políticas de logística y transporte de residuos...

Los ejes en los cuáles se basa la Esfera Verde son: energía (diferentes formas de valorización energética de los residuos), conciencia (trabajar para concienciar o mejorar la gestión de los residuos) y tecnología (nuevas tecnologías y avances técnicos).



**19. Esfera verde**



20. Centre Integral de Valorització de Residus del Maresme