

Incineración discontinua de residuos animales no destinados al consumo humano (SANDACH)

José Ruiz Gimeno

Dpto. Electromagnetismo y Electrónica. Universidad de Murcia

joseruiz@um.es



aCIMA

ACTIVIDAD DE CONSULTORIA, INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE, S. L.

Naturaleza de los residuos

El Reglamento (CE) nº 1069/2009 categoriza los subproductos animales y productos derivados en tres categorías en función del riesgo

- Los materiales de categoría 1 son aquellos de mayor riesgo y en ellos se incluyen los siguientes subproductos:
 - Cuerpos enteros o sus partes, incluidas las pieles, de animales sospechosos, confirmados de estar infectados por una encefalopatía espongiforme transmisible (EET) o sacrificados en aplicación de medidas de erradicación de EET's.
 - Cuerpos enteros o sus partes, incluidas las pieles, de animales de compañía, de circo y de zoológicos.
 - Cuerpos enteros o sus partes, incluidas las pieles de animales de experimentación.
 - Cuerpos enteros o sus partes, incluidas las pieles, de animales salvajes sospechosos de estar infectados con enfermedades transmisibles a los humanos o a otros animales.
 - Los materiales especificados de riesgo (MER) y los cuerpos enteros o parte de animales muertos que los contengan:
 - La columna vertebral, excluidas las apófisis e incluidos los ganglios de la raíz dorsal de animales de más de 30 meses de edad, el cráneo, excluida la mandíbula e incluidos el encéfalo y los ojos y la médula espinal de los bovinos de más de doce meses de edad y amígdalas, todo el intestino y mesenterio, de los bovinos de cualquier edad
 - El cráneo, incluido el encéfalo y los ojos, las amígdalas y la médula espinal de los ovinos y caprinos de más de doce meses de edad o en cuya encía haya hecho erupción un incisivo definitivo, así como el bazo e ileon de los ovinos y caprinos de todas las edades
 - Los cadáveres de los bovinos, ovinos y caprinos de cualquier edad
 - Asimismo, cuando los materiales especificados de riesgo no se hayan extraído de animales muertos, las partes del cadáver que los contengan, o el cadáver entero, se tratarán como MER y deberán ser eliminados del mismo modo

Aspectos legales

- Entre las posibles vías de eliminación y usos de los materiales de categoría 1 encontramos:
- la incineración o coincineración con o sin procesamiento previo (esterilización a presión) y marcado del material resultante,
- REGLAMENTO (UE) N o 142/2011 DE LA COMISIÓN de 25 de febrero de 2011 por el que se establecen las disposiciones de aplicación del Reglamento (CE) n o 1069/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo.
- Las instalaciones de incineración o coincineración se diseñarán, equiparán, construirán y explotarán de modo que la temperatura de los gases derivados del proceso se eleve, de manera controlada y homogénea, e incluso en las condiciones más desfavorables, hasta 850 °C, durante 2 segundos al menos, o hasta 1 100 °C durante 0,2 segundos, medidos cerca de la pared interna de la cámara donde se realiza la incineración o coincineración o en otro punto representativo de ésta autorizado por la autoridad competente.
- Las plantas deberán contar con al menos un quemador auxiliar por cada línea. Este quemador se pondrá en marcha automáticamente cuando la temperatura de los gases de combustión, tras la última inyección de aire de combustión, descienda por debajo 850 °C o 1 100 °C, según los casos. Asimismo, deberá utilizarse dicho quemador durante las operaciones de puesta en marcha y parada de la instalación a fin de que la temperatura de 850 °C o 1 100 °C, según los casos, se mantenga en todo momento durante estas operaciones mientras haya materiales no incinerados en la cámara donde se efectúa la incineración o coincineración.
- El explotador deberá explotar la planta de incineración de modo que obtenga un grado de incineración tal que el contenido de carbono orgánico total de las escorias y cenizas sea inferior al 3 % o su pérdida sea inferior al 5 % del peso seco de la materia. Si es preciso, se emplearán técnicas adecuadas de tratamiento previo.

Procesos involucrados

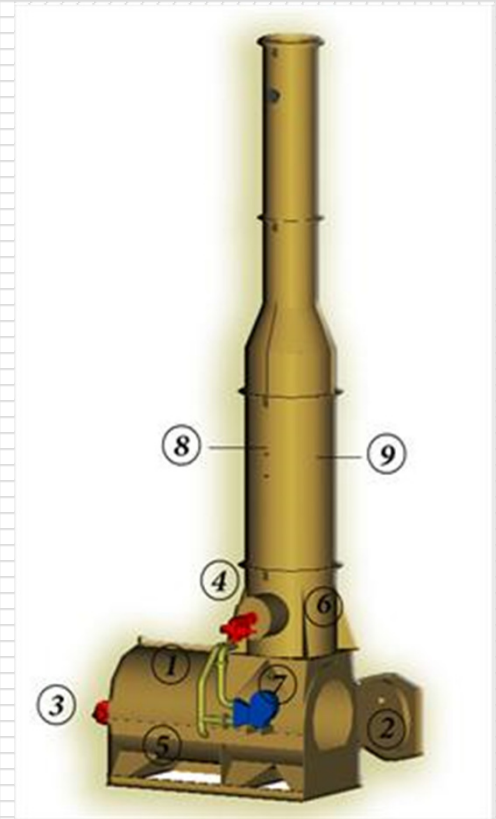
- En función de temperatura y de gases presentes:
 - Secado: es la pérdida del agua presente en el residuo.
 - Combustión con llama o brasa: los compuestos volátiles combustibles del residuo se desprenden y, en presencia del oxígeno del aire, producen la llama o la brasa visibles. Temperatura entre 400 °C y 600 °C.
 - Pirólisis: es la descomposición térmica de las moléculas orgánicas del residuo, en ausencia de oxígeno, produciendo un gas combustible (gas de pirólisis) y una fracción sólida (coque de pirólisis). Temperatura entre 500 °C y 800 °C.
 - Gasificación: es la conversión de la fracción carbonosa del coque de pirólisis, con la ayuda de una sustancia gasificante (vapor o aire), dando lugar a un gas combustible formado por monóxido de carbono (CO) e hidrógeno (H₂). Se produce en el intervalo de temperatura entre 800 °C y 1000 °C.
- Incineración: dependiendo de la combinación de tecnologías, es la combustión de los gases y del coque de pirólisis en una o varias cámaras de incineración. Los tres factores más importantes para el proceso de incineración, son las llamadas tres T's: tiempo, temperatura y turbulencia.

Intención del diseño: hornos de “aire controlado”

- Cámara primaria (horno). En ella tiene lugar una "pirólisis" en sentido amplio, es decir una combinación de todos los procesos anteriores, pero tratando de favorecer la pirólisis propiamente dicha, limitando la cantidad de aire que se suministra a esta cámara (70% aire esteq.)
- Cámara secundaria (postcombustión). A esta cámara únicamente deben llegar gases y sustancias volátiles. La mayor parte de estas sustancias y algunos de los gases son combustibles, por lo que el proceso es una incineración propiamente dicha. En este caso se trabaja con aire en exceso (200% aire esteq.), para garantizar la completa combustión de los gases y de las sustancias combustibles, tratando que en la chimenea los únicos gases presentes sean N_2 , O_2 , CO_2 y H_2O .
- Por cada V (m^3 de aire esteq.) que necesite el material se emplean $0,7V$ (70%) en el horno y faltarían $0,3V$ en la cámara, pero se usan $0,6V$ (200%); globalmente se emplean $1,3V$ (130% s/ esteq.); entre 5 -6% de O_2 en humos.
- Ventajas:
 - Mayor capacidad térmica
 - Ahorro de combustible auxiliar
 - Humos limpios

Equipos en el mercado

- Numerosos fabricantes
 - Nacionales: Kalfrisa, Emison,...
 - Internacionales: Addfield, Inciner8, Joseph Egli,.....
- Residuos atención médica, clínicas vets, otros residuos animales.
- Tasas de incineración: 10 – 250 kg/h
- Volúmenes horno: 0,11 – 9 m³
- Cargas : 30 – 2 300 kg
- Potencias térmicas: 80 – 2 000 kW
- Información muy optimista respecto a:
 - Tiempo de residencia de los gases a 850 °C.
 - Tasa de incineración (250 → 100 kg/h)
 - Eficiencia (25 kg/litro g.o. → 4- 5 kg/litro g.o.)
 - Emisiones atmosféricas (CO, partículas, opacidad)
 - Mano de obra necesaria.



Aspectos relacionados con el diseño (I)

- Datos de partida para el diseño:
 - Naturaleza de los residuos: densidad, tamaño, humedad, PCI (b.s)
 - Tasa de incineración deseada (kg/h). Plan de incineración.
 - Operación: discontinua o semicontínua.
 - Carga superior o lateral. Peso por carga (kg).
- Resultados del diseño:
 - Dimensiones y volumen de la cámara principal.
 - Número de quemadores del horno y su potencia unitaria.
 - Posición y orientación de los quemadores del horno. Longitud y ángulo de las llamas.
 - Caudal y distribución del aire de combustión. Plenum y toberas.
 - Forma, dimensiones y volumen de la cámara de postcombustión.
 - Número de quemadores en postcombustión y potencia unitaria.
 - Caudal y distribución del aire del postcombustión para máxima turbulencia. Plenum y toberas.

Aspectos relacionados con el diseño (II)

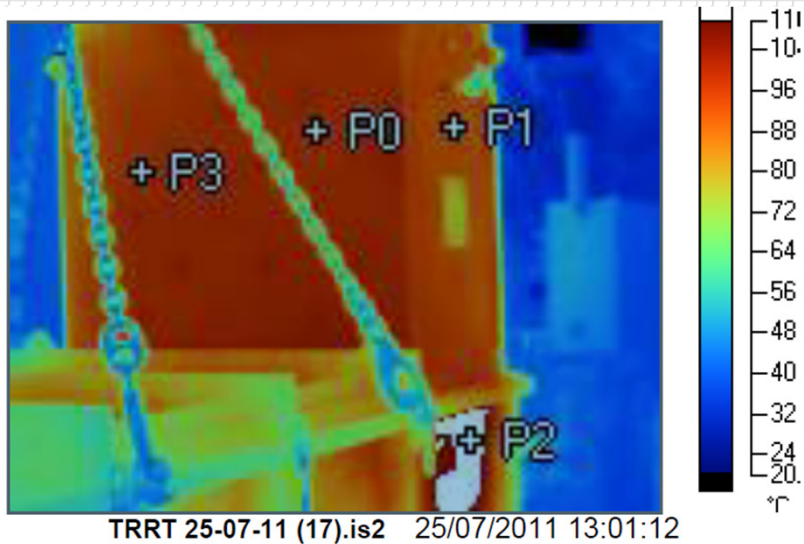
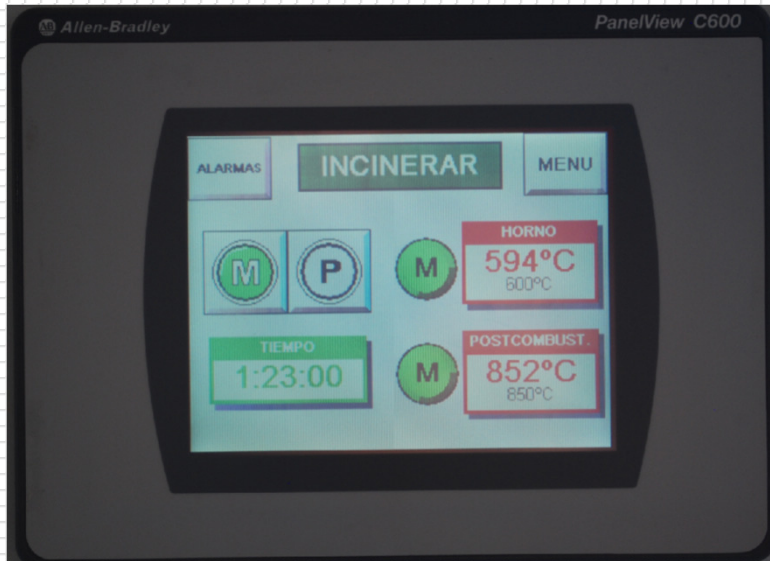
- Resultados del diseño:
 - Área de paso de los gases (*flame port*)
 - Altura de chimenea garantice (-1,5) – (-2,5) mm c.d.a. en horno.
 - Comprobación altura chimenea desde el p.d.v. dispersión contam.
 - Selección de los ventiladores auxiliares.
 - Posición de sondas de sensores de temperatura
 - Restricciones funcionales: enclavamientos.
- Diseño a cargo del fabricante
 - Estructura del horno (acero 5 mm); refuerzos.
 - Hormigonado del refractario
 - Elementos de seguridad: pestillo, finales de carrera de puertas.
 - Programación del autómeta (Allen- Bradley), incorporando las restricciones funcionales y un “programa” de precalentamiento, incineración, postincineración y enfriamiento.

El prototipo para experimentación

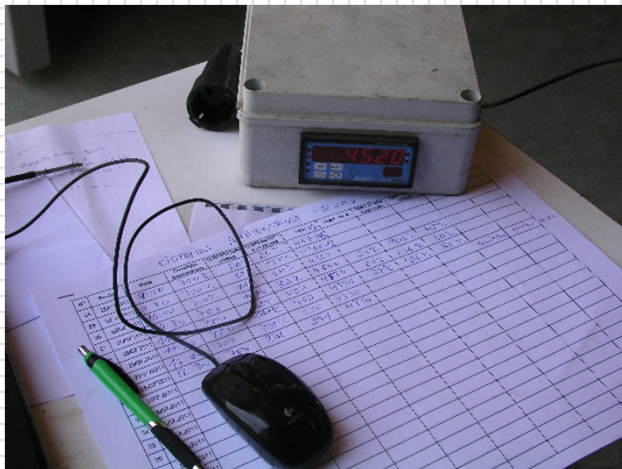
- Volumen del horno: 1 m³
- Carga recomendable < 400 kg
- Vol. cámara postcombustión: 1,1 m³
- Quemador del horno: 100 kW
- Quemador cámara postc.: 200 kW
- Potencia eléctrica: 400 W
- Peso total en vacío: 4800 kg
- Tasa de incineración
 - Diseño < 50 kg/h
 - Real: 20 – 50 kg/h



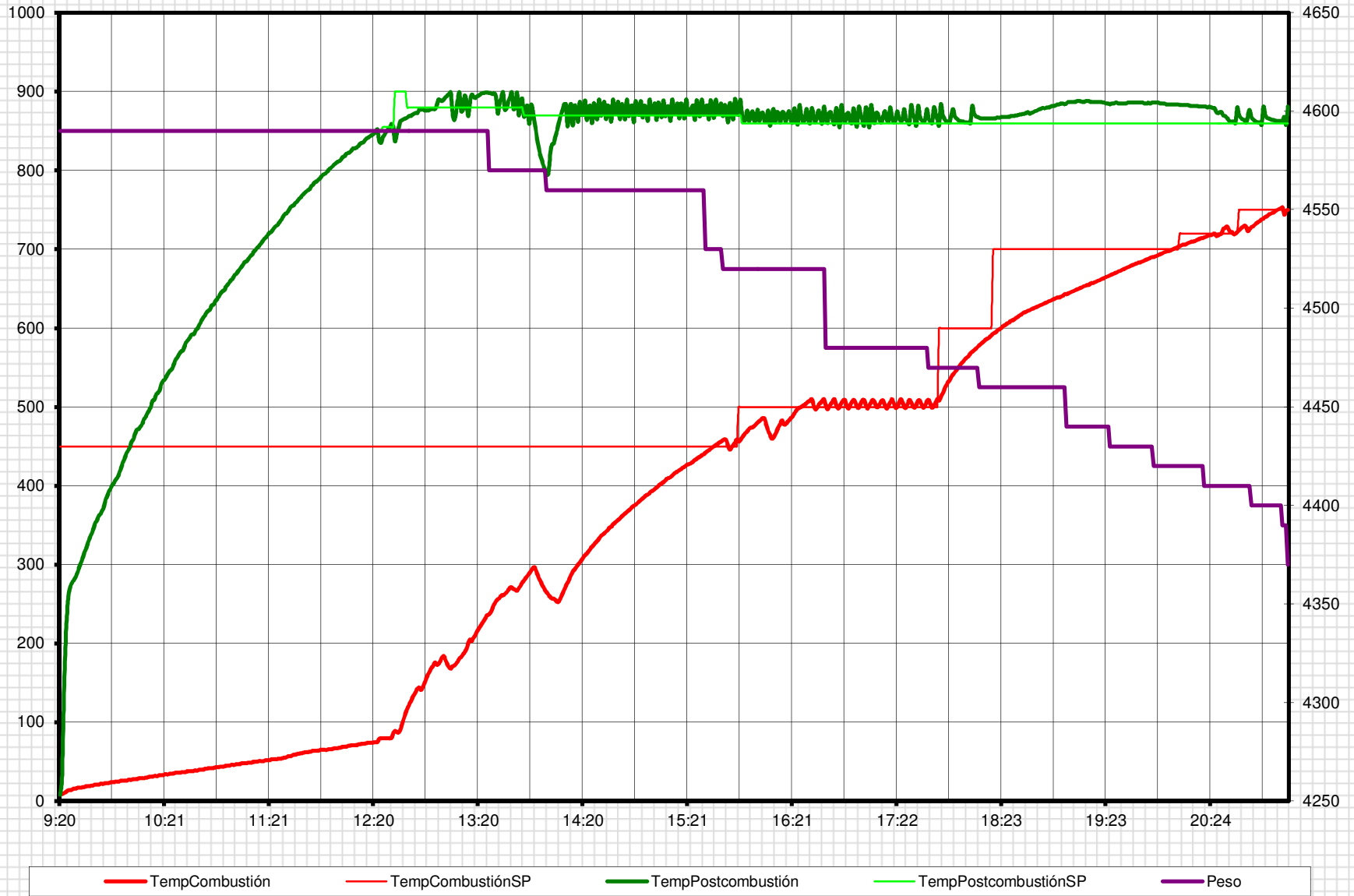
Variables medidas (I)



Variables medidas (II)



Variables medidas (III)



Calidad de las cenizas



Problemas relativos a la operación (I)

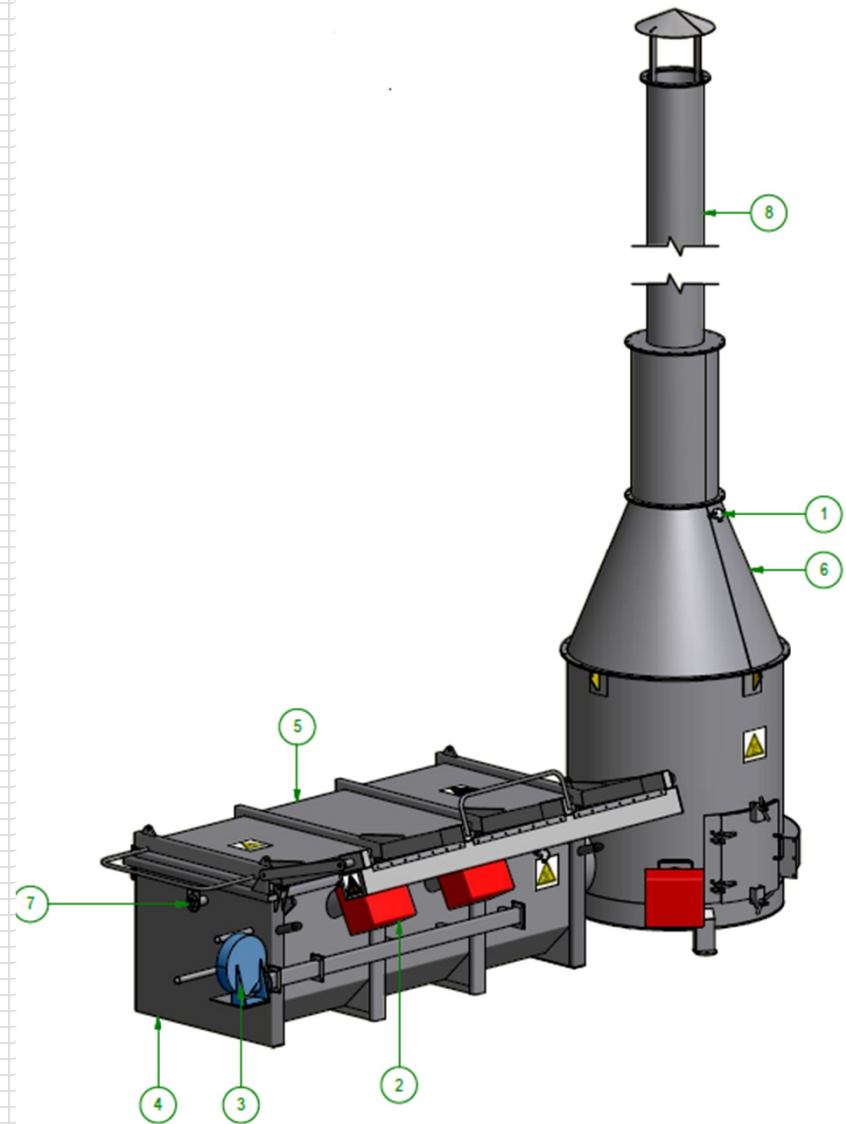
- Elevado carácter discontinuo:
 - Varía la clase de material a incinerar entre un día y el siguiente.
 - Varía la clase de material a incinerar, para la carga de un mismo día, entre unas zonas del horno y otras.
 - A lo largo del tiempo de operación, el material va pasando por diferentes etapas a medida que se va calentando: pierde el agua, se descompone en sustancias volátiles y combustibles, parte de estas sustancias arden en el horno y el resto en la cámara, el material se carboniza, etc.
 - Los quemadores están apagados o encendidos, dependiendo de si los respectivos puntos de consigna se han alcanzado o no. Sin embargo, cuando un quemador se apaga, su ventilador sigue aportando aire ambiente. De esta forma van pasando desde fases en las que aportan mucho calor y muy poco aire en exceso, a otras fases en la que sólo aportan mucho aire frío. Estas fases se van sucediendo en intervalos que a menudo no superan el minuto.

Problemas relativos a la operación (II)

- Resistencias difusionales
- Dentro del horno, hay zonas directamente expuestas a las llamas de los quemadores y otras que quedan “protegidas” de las llamas, por el material que queda en la parte superior del lecho. Esto quiere decir que puede haber zonas de la carga que ya estén carbonizadas (las directamente expuestas a las llamas) mientras que otras todavía están empezando la fase de secado (las más protegidas de las llamas).
- Resulta extremadamente difícil suministrar aire al material en el fondo del horno; posibilidades:
 - “Parrillas” de refractario (*underfire air*)
 - Orden en la carga: fondo de material más poroso y de mayor inflamabilidad/PCI.

El segundo equipo diseñado

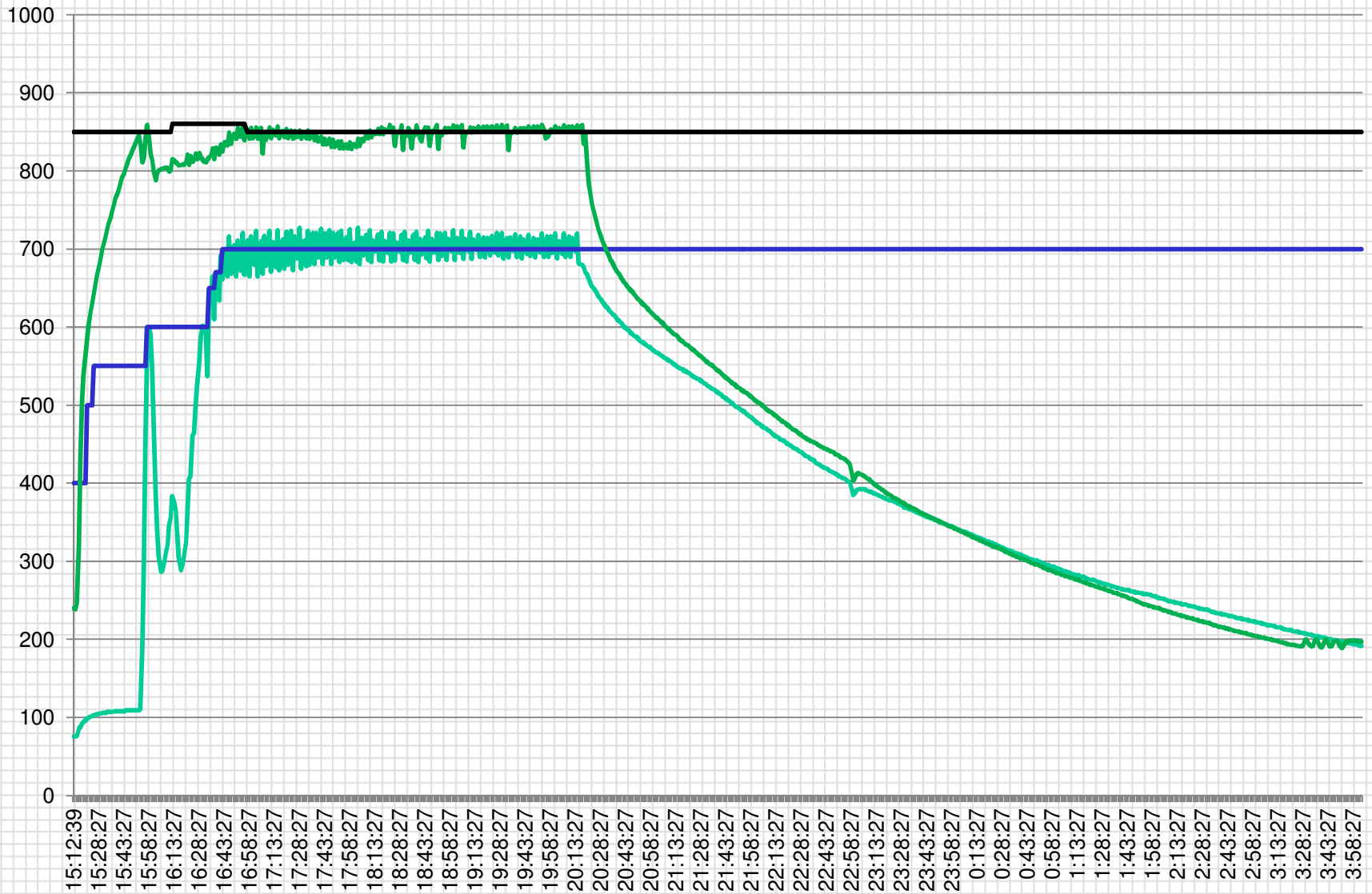
- Volumen del horno: 1,8 m³
- Carga: 700 – 900 kg
- Volumen cámara postcomb: 2,1 m³
- Quemadores horno:
 - Número: 2
 - Potencia unitaria: 83 – 175 kW (doble llama)
- Quemador postcombustión
 - Potencia unitaria: 120 – 240 kW
- Potencia eléctrica: 750 W
- Peso total en vacío: 6 600 kg
- Tasa de incineración
 - Diseño
 - Máxima: 150 kg/h
 - Media: 105 – 125 kg/h
 - Real > 100 kg/h
- Eficiencia > 5 kg/litro gasóleo



Algunas vistas



Evolución de la operación



Emisiones atmosféricas

- No les aplica el RD 815/2013 Reglamento de Emisiones Industriales
- Junta de Andalucía

Parámetros	VLE(1)	Unidad	% O ₂ referencia
Partículas totales	50	mg/Nm ³	15
SO₂	200	mg/Nm ³	15
CO	625	mg/Nm ³	15
Nox (como NO₂)	600	mg/Nm ³	15
Cloro Total (como ClH)	10	mg/Nm ³	15

Ficha Técnica del horno

Emisiones	
Oxígeno en los humos; % en volumen	Superior a 6
Datos de emisiones atmosféricas	
SO ₂ , mg/Nm ³	Inferior a 100
NOx, mg/Nm ³	Inferior a 300
CO, mg/Nm ³	Inferior a 600
Partículas, mg/Nm ³	Inferior a 50