

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN DE CAUDAL DE GAS EN SECADEROS DE BIOMASA SEGÚN LA GUÍA DE LA EFICIENCIA

Antonio Esteve Bensabat

Gometrics S.L. C/Basters 17 Poligono industrial riera de Caldes 08184 Palau-Solità i Plegamans (Barcelona)
Tel: 671071403 toni.esteve@gometrics.net

INTRODUCCIÓN:

- El estudio se ha desarrollado en un secadero de BIOMASA (alperujo), el alperujo es mezcla de alpechines y orujos (hueso, piel y pulpa de la aceituna), que también puede ser utilizada después de un proceso de secado, como combustible o, incluso como abono o la fabricación de compost.
- La utilización de esta biomasa como combustible nos genera una gran ventaja ya que se consigue eliminar de manera controlada y limpia los excedentes de orujillo, revalorizando de este modo los importantes residuos de la industria, evitando problemas de almacenamiento y eliminación del orujo húmedo generadas por las almazaras de aceite de oliva. Secando esta biomasa, creamos riqueza en el medio rural y reducimos la dependencia de otros combustibles.
- Para el secado de esta biomasa se utiliza la energía térmica proveniente de los gases de escape de los motores de gas de la instalación de cogeneración, para secar el alperujo, cuya humedad relativa media inicial es del 65%, hasta reducirla a un valor de 10%. Para realizar un secado correcto del producto es necesario realizarlo con altas temperaturas de secado (400 °C) a la entrada del secadero, operando en una sola pasada para reducir el intervalo completo deseado de humedad. Esta operación se ha conseguido mediante la conocida incorporación de un acondicionador-mezclador de producto, que opera recirculando parte de la producción seca hacia el equipo de acondicionamiento, donde se realiza la mezcla de la fracción seca con la fracción fresca. De esta forma el trómel tiene que procesar más cantidad que sin recirculación, pero por el contrario procesa una alimentación con un contenido de humedad mucho más bajo (30-40%). Esto confiere al orujo una permeabilidad muy grande y hace que el trómel (mezclador) opere con gran intercambio de masa y energía desde los primeros metros. Esto da lugar a rendimientos térmicos y producciones altos.
- El conducto de gases de escape a secaderos tiene un diámetro de 2,2 m y una longitud de 20 m, en este conducto se ha instalado la instrumentación necesaria para poder medir el calor útil, que se detalla en el desarrollo.
- La energía térmica que la planta de generación envía a los secaderos, se mide y se calcula según la guía de la eficiencia energética de acuerdo con el Real Decreto 661/2007.
- Una vez la biomasa está seca se envía a las parrillas de la caldera y se utiliza como combustible para la caldera de biomasa.

DESARROLLO:

- Para determinar el calor útil (H) se calcula según la guía de la eficiencia en este caso $H = \dot{m} \cdot (h_1 - h_2)$ donde \dot{m} es la cantidad de gases correspondiente al período de control considerado, h_1 es la entalpía del gas de entrada a los equipos de secado, y h_2 es la entalpía de salida del gas.
- El desarrollo de la fórmula sería el siguiente:

$$H = \dot{m} \cdot (0,9952 + 92,1 \cdot 10^{-6} \cdot T_1) \cdot T_1 - (0,9952 + 92,1 \cdot 10^{-6} \cdot T_2) \cdot T_2$$

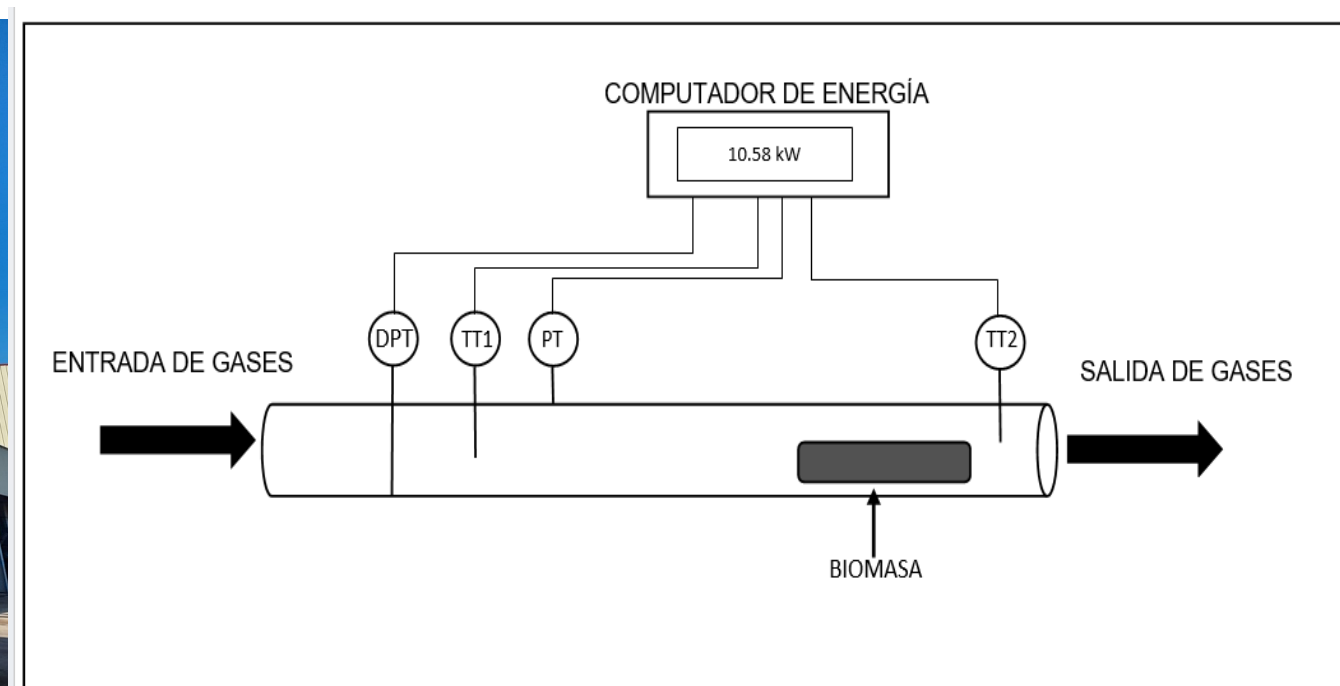
Siendo T_1 y T_2 las temperaturas de entrada y salida de los gases del secadero. Los coeficientes son extraídos de H.D. Baehr et al.

- Para determinar el caudal \dot{m} (Q_m), lo realizamos de la siguiente manera, primero determinando la velocidad del fluido, luego determinando el caudal volumétrico y por último calculando el caudal másico:

$$V = 23,96 \sqrt{\frac{\Delta P}{K} \times \frac{T}{P} \times \frac{1}{prel}} \quad Q_{vid} = V \times A \times \frac{P}{P_{vid}} \times \frac{T_{vid}}{T} \quad Q_m = Q_{vid} \times \rho$$

Siendo $23,96 = \sqrt{2 \times R/M}$, $R =$ Constante de gas ideal y $M =$ Masa molar del aire.

- Gometrics ha suministrado, instalado y calibrado la instrumentación necesaria para poder medir todas las variables que nos pide la guía de la eficiencia, que son las siguientes: 2 sensores de temperatura (uno a la entrada del secadero y el otro a la salida), un transmisor de presión absoluta para medir la presión estática, un tubo Pitot con 5 puertos de presión en el lado aguas arriba y un puerto de presión estática en el lado de aguas abajo, conectado a un transmisor de presión diferencial para medir el caudal y un computador de caudal en el que se puedan conectar todas las señales analógicas de los instrumentos y en el que podamos programar la fórmula de la guía de la eficiencia para que nos calcule la energía térmica consumida.
- El diagrama sería el siguiente:



RESULTADOS:

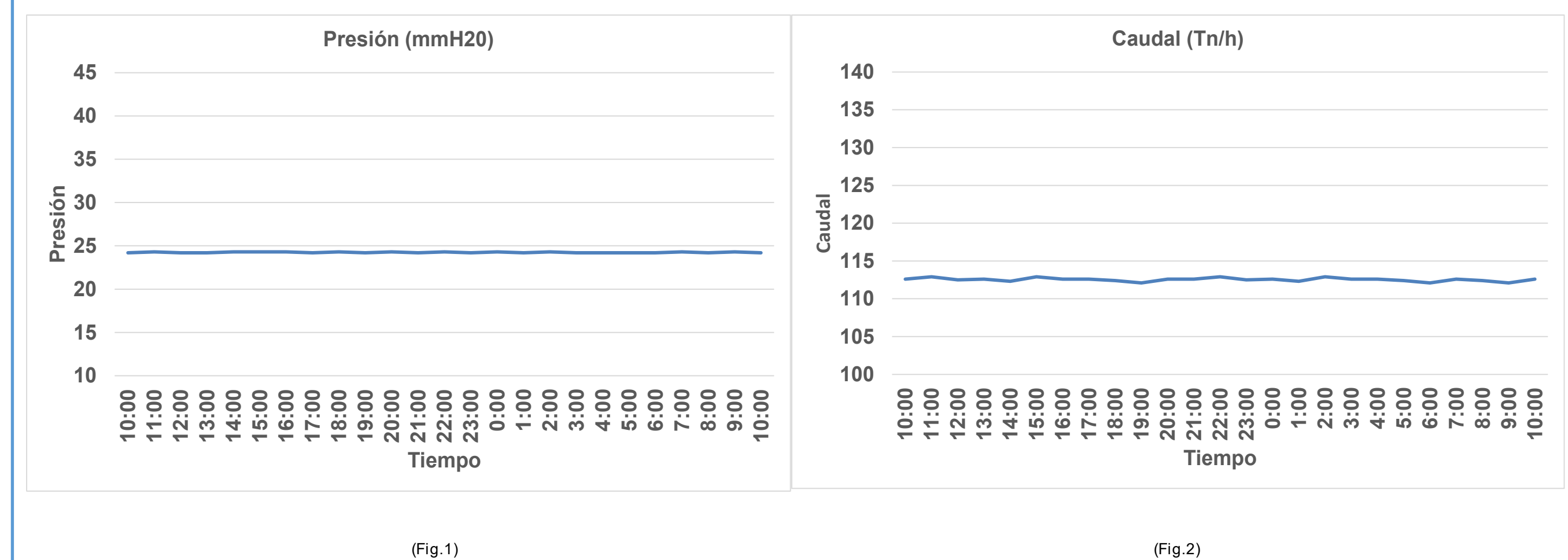
- Una vez el sistema está en marcha y la instrumentación instalada, se toman las lecturas de todas las variables en una hoja de cálculo, para comprobar que el computador se ha programado bien, y está calculando la energía térmica según la guía de la eficiencia.

T 1	dP	T2	m	H (real)	H (calc)	Error
°C	mmH2O	°C	Tn/h	kW	kW	kW
401.5	24	150,0	111.6	8.16	8.16	0.00

- Tal como se aprecia en la tabla, el computador está calculando bien la energía térmica según la fórmula de la guía de la eficiencia.
- Los instrumentos T_1, T_2 y dP han sido calibrados, y las correcciones obtenidas no superan el EMP de cada fabricante.
- Se comprueba además la estabilidad de la medida de presión diferencial para comprobar que no hay errores de instalación en el tubo Pitot tal y como se ve en la Fig.1 y también se comprueba a la vez la estabilidad de la medida de caudal durante 24h como se ve en la Fig.2.
- La exactitud de la medición del caudal teniendo en cuenta las especificaciones del fabricante del tubo Pitot y del transmisor de presión diferencial es del 2% de la lectura y la repetibilidad mejor que el 0.2%.
- Las derivas entre calibraciones del transmisor de presión diferencial han sido menores al 0,30% de la lectura, teniendo en cuenta un histórico de 3 años.

Gráfica de estabilidad de la medida de presión diferencial con el tubo Pitot.

Gráfica de estabilidad de la medida de caudal durante 24h



CONCLUSIONES:

- Después de realizar la instalación, calibración de instrumentos y la puesta en marcha podemos decir que los datos obtenidos son correctos y satisfactorios, con lo que podemos llegar a la conclusión que es posible aunque la instalación sea compleja, la instalación de sistemas de medición de caudal y energía térmica tal como indica la guía técnica para la medida y determinación del calor útil, de la electricidad y del ahorro de energía primaria de cogeneración de alta eficiencia.
- Es posible la calibración de los instrumentos de forma independiente y la comprobación de los cálculos del computador de energía mediante hoja de cálculo.
- Los valores obtenidos de los instrumentos son estables en el tiempo y no presentan oscilaciones que puedan perturbar las medidas de energía térmica.
- La deriva entre calibraciones de los instrumentos cumplen las especificaciones de los fabricantes garantizando su correcto funcionamiento a largo plazo.
- Es importante garantizar los diámetros de tubería recta antes y después de la instalación del tubo Pitot para garantizar una medida fiable y estable.

REFERENCIAS:

- Guía técnica para la medida y determinación del calor útil, de la electricidad y del ahorro de energía primaria de cogeneración de alta eficiencia.
- H.D. Baehr et al., Thermodynamische Funktionen idealer Gase für Temperaturen bis 6000 K, Berlin-Heidelberg-New York, Springer 1968.
- Manual de instrucciones tubo Pitot Furness Controls FCO68.