

**Interreg**  
España - Portugal

Fondo Europeo de Desarrollo Regional  
Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional



UNIÓN EUROPEA  
UNIÃO EUROPEIA



# **Operatividad y conclusiones de los sistemas de combustión e intercambio térmico con BNVAP en calderas de pellets**

**Resumen**

## OPERATIVIDAD DE LAS INSTALACIONES

El objetivo de este informe es recopilar todos los datos obtenidos mediante la combustión de las diferentes materias primas pelletizadas objeto de estudio en este proyecto (vid, tojo, kiwi...).

Los combustibles utilizados no son comerciales, el objetivo fundamental de este proyecto es analizar su viabilidad comercial. Para ello se han llevado a cabo una serie de ensayos con la finalidad de realizar una comparativa entre el valor de los diferentes parámetros para pellet de madera comercial y para cada uno de los combustibles desarrollados en este proyecto.

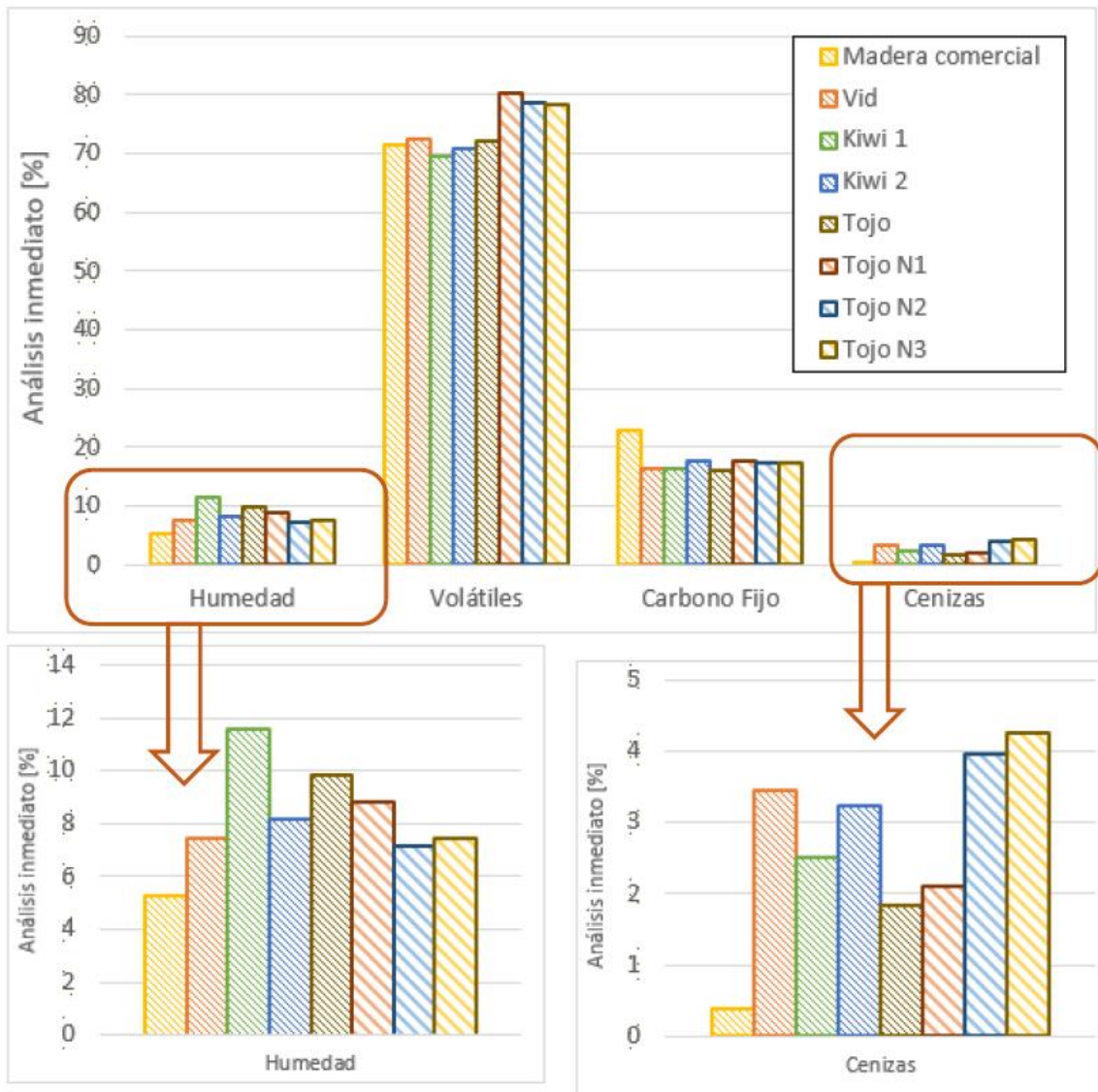
Los ensayos se llevaron a cabo en dos instalaciones diferentes, un quemador experimental de biomasa y una caldera comercial. Los parámetros que se analizaron en la primera de las instalaciones fueron: valores diferentes parámetros operativos de la instalación (temperatura del agua en el circuito intercambiador de calor, temperatura de los gases de escape, temperatura en diferentes puntos de la instalación...), deposición en los tubos intercambiadores de calor, cuantificación de la escoria y ceniza acumulada en el lecho, análisis de las emisiones gaseosas, concentración y distribución de partículas sólidas. En la caldera comercial se adquirieron algunos parámetros para controlar la estabilidad de la instalación, se analizaron las emisiones gaseosas y se determinaron la concentración y distribución de las partículas.



Ilustración 1: Combustibles empleados

## COMPARATIVA DE COMBUSTIBLES

Para cada combustible se ha llevado a cabo un análisis elemental, inmediato y de cenizas. Además, se analizaron parámetros como los poderes caloríficos superior e inferior, durabilidad, densidad a granel y de partícula, así como la fusibilidad. Se ha establecido una comparativa entre los diferentes parámetros de cada uno de los combustibles utilizados. El combustible utilizado como referencia para llevar a cabo dicha comparativa es pellet de madera comercial. En la Ilustración 2 se muestra una parte de la comparativa, donde se relacionan los valores de humedad, volátiles, carbono fijo y cenizas de cada combustible. Se observa que, respecto al pellet de madera, todos los pellets de BNVAP presentan un mayor porcentaje de humedad y uno menor de carbono fijo, lo que conllevará efectos sobre el poder calorífico de dichos combustibles. Otra diferencia muy destacable es la cantidad de cenizas, que llega a ser diez veces superior en algunas BNVAP frente a la madera. Este último parámetro tendrá una gran influencia sobre la estabilidad de las instalaciones, ya que altos porcentajes de ceniza pueden llevar a la obstrucción del flujo de aire, de no ser eliminada de forma eficaz.



## PARTÍCULAS

Se recogieron muestras de las partículas depositadas en un tubo intercambiador de calor por cuyo interior fluye agua, situado para modelizar el comportamiento en una caldera real. Esto es útil para comprobar el ensuciamiento del tubo a lo largo de un ensayo, dato relevante ya que un gran ensuciamiento dificulta la transmisión de calor y, por tanto, empeora el funcionamiento de la caldera. Los resultados, mostrados en la Ilustración 3 muestran que, a mayor cantidad de aire primario (el que proviene de debajo del lecho de combustión), mayor es la cantidad de partículas que se recogen en el tubo. Esto demuestra la importancia del aire secundario (introducido a la caldera por encima del lecho) para la reacción completa del combustible.

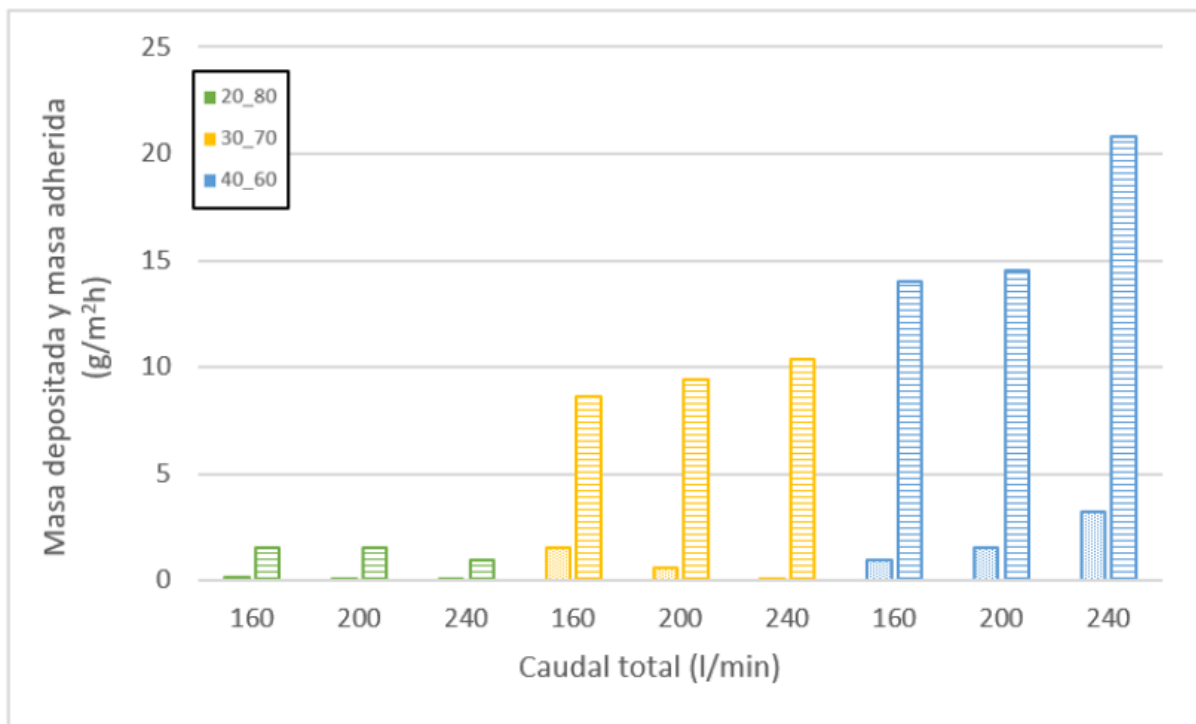


Ilustración 3: Deposición de partículas en tubo intercambiador, con masa depositada en la columna punteada y la masa adherida en la columna rayada.

En cuanto a la morfología de las partículas, esta coincide con la resultante de la combustión de pellet de madera. Se observa en la Ilustración 4 que las partículas siguen una distribución unimodal, con la mayoría de ellas por debajo de 0.1 micrómetros, tamaño considerado de riesgo por la OMS, pues las partículas de este tamaño traspasan las barreras del sistema respiratorio y se depositan en los alveolos, bloqueándolos.

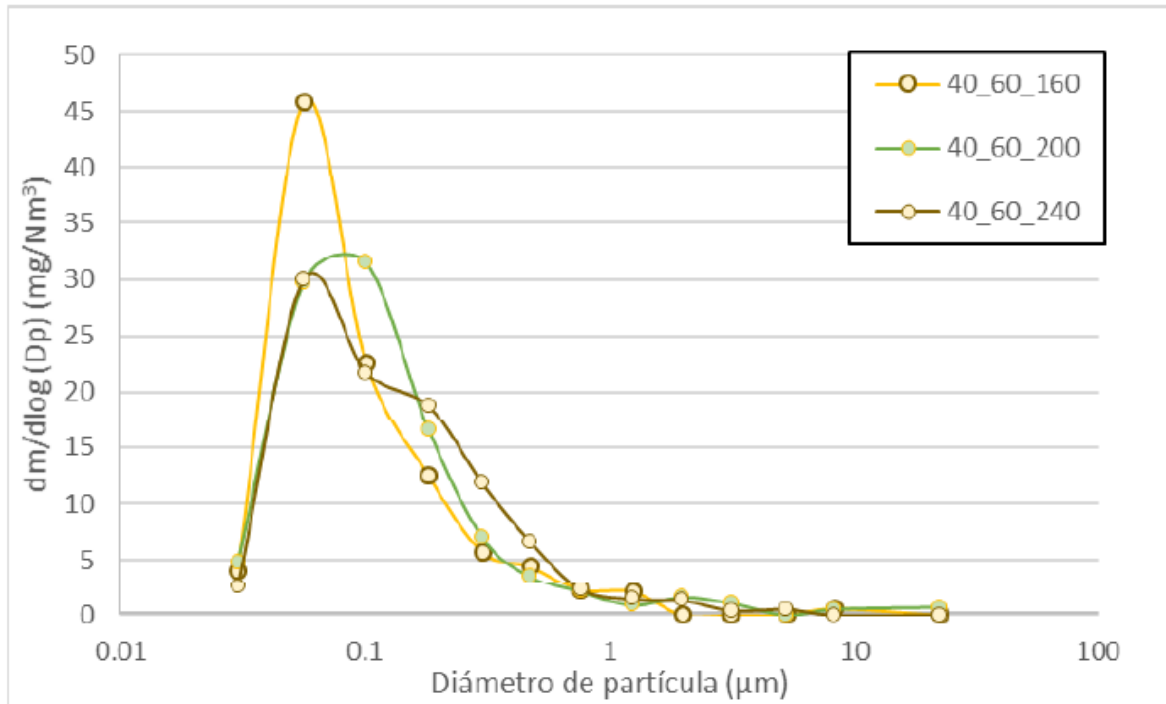


Ilustración 4: Distribución de partículas para los ensayos con un reparto de caudal del 40% de aire primario y un 60% de aire secundario.



## SINTERIZADOS Y CENIZAS

Las cantidades de materia acumuladas en la cámara de combustión tras la finalización del ensayo son parámetros fundamentales a la hora de determinar la viabilidad de los combustibles, pues una excesiva cantidad puede llegar a obturar el correcto flujo de aire necesario para continuar la combustión. En este aspecto se distingue entre sinterizados (materia procedente de la fusión y posterior solidificación de las cenizas, crece en presencia de elementos con bajo punto de fusión en los combustibles) y cenizas. En la Ilustración 5 se observa una comparativa entre un pellet sin finos (N1) y dos pellets aditivados (N2 y N3) de tojo. Se comprueba que el pellet N2, aditivado con caolín, muestra grandes cantidades tanto de sinterizados como de cenizas, suponiendo un riesgo grave para la estabilidad de la combustión. Por otro lado, el pellet aditivado con carbonato cálcico presenta altas cantidades de ceniza, pero ningún sinterizado.

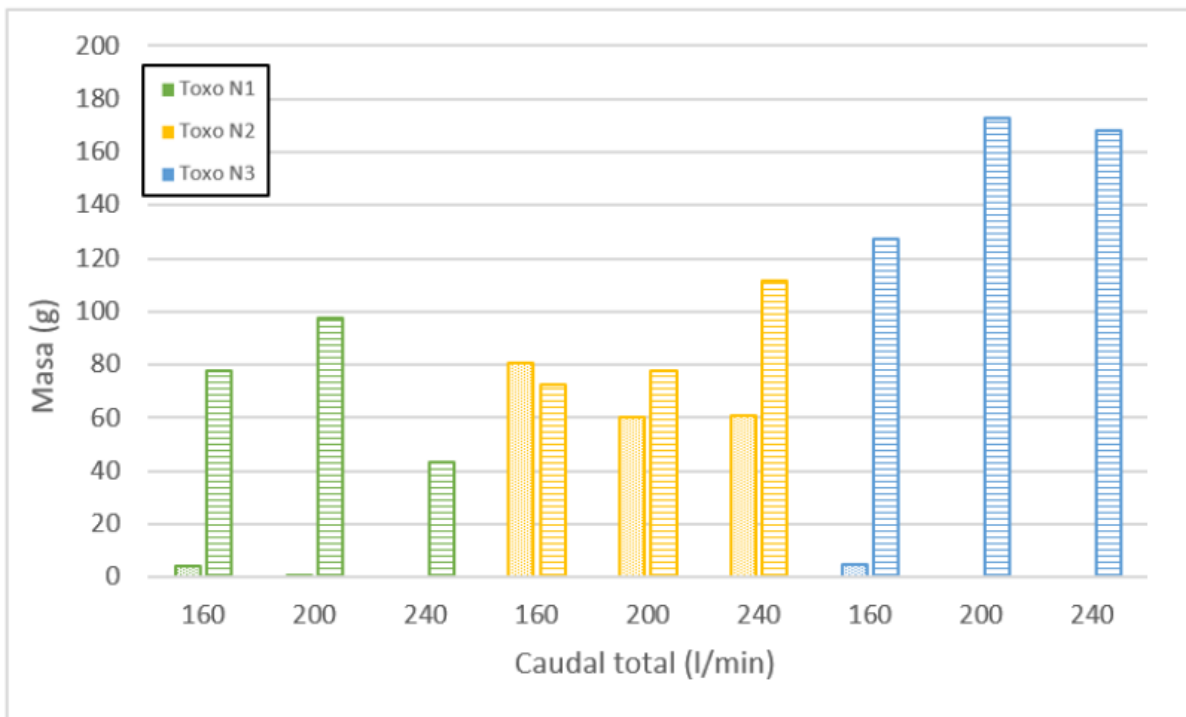


Ilustración 5: Sinterizados (columna punteada) y cenizas (columna rayada) en ensayos con pellet de tojo

## CONCLUSIONES

A la vista de los resultados obtenidos en ambas instalaciones se puede concluir que la combustión de algunas BNVAP es viable tanto en el quemador experimental como en la caldera comercial (concretamente, los mejores resultados se obtienen con tojo y vid).

Si bien resulta necesaria la inclusión de alguna medida o estrategia de reducción de emisiones, los combustibles no presentan grandes problemas de aparición de sinterizados, existiendo la posibilidad de eliminarlos mediante el aditivado o la eliminación de finos, estrategia esta última que también funciona para la reducción de partículas sólidas en la corriente de gas de salida. Si la caldera en cuestión dispone de sistema de eliminación de cenizas y limpiado de tuberías automatizados, estas características negativas no adquieren una gran relevancia, resultando en una combustión estable durante periodos largos de tiempo.

En definitiva, los pellets de BNVAP resultan, en líneas generales, una alternativa técnicamente viable a, o junto con, los de madera.