

## Resumen

Las normativas sobre emisiones contaminantes y sonoras, cada vez más estrictas, han sido la principal motivación para la investigación, el desarrollo y la optimización de los motores de combustión y demás tecnologías relacionadas. Esta tendencia ha dado lugar a la introducción paulatina de sistemas de postratamiento para reducir las emisiones contaminantes provenientes de la automoción. Sin embargo, en las dos últimas décadas el nivel de restricciones impuestas ha hecho que el uso de sistemas de postratamiento sea intensivo y obligatorio, pasando de ser pequeños dispositivos individuales a sistemas muy complejos que a menudo incluyen más de un dispositivo.

Aunque el objetivo principal de los sistemas de postratamiento es la reducción de las emisiones contaminantes, estos también ejercen una gran influencia en la dinámica de las ondas, la contrapresión y el comportamiento acústico de la línea de escape, por lo que modifican las características del flujo, la acústica y la presión del flujo de escape. Lo que a su vez redefine las condiciones de diseño para el silenciador (mofle) situado aguas abajo. Una mejor comprensión de la atenuación acústica y la caída de presión debidas a la presencia de sistemas de postratamiento podría tener repercusiones beneficiosas, ya que permitiría optimizar el diseño de los mismos dispositivos y de las líneas de escape completas, especialmente del silenciador. Se consideró que un enfoque prometedor para obtener una mejor comprensión del tema sería tener en cuenta la influencia que los componentes individuales y las características más frecuentes de los sistemas de postratamiento tienen en su desempeño final.

Se emplearon diferentes enfoques experimentales y de modelado computacional para estudiar y caracterizar el comportamiento acústico y fluidodinámico de un conjunto diverso de sistemas y dispositivos de postratamiento, abarcando así una amplia gama de elementos y características representativos de las aplicaciones de postratamiento más avanzadas de uso comercial. La pérdida por transmisión y la caída de presión fueron seleccionadas como parámetros clave de estudio para cuantificar la atenuación acústica y la contrapresión generada por cada dispositivo. Para la caracterización experimental se utilizaron instalaciones y procedimientos de medición bien establecidos. Por su parte, para el modelado computacional se emplearon distintos enfoques de simulación, tales como el unidimensional, el CFD (tridimensional) e incluso la co-simulación 1D-3D, siguiendo en la medida lo posible el concepto o principio "gemelos digitales" (virtual twinning), en programas comerciales con el objetivo de replicar los resultados experimentales, a fin de obtener información complementaria y ayudar a profundizar en la comprensión de los fenómenos internos, los efectos tridimensionales del flujo y los efectos acústicos.

Previo a la caracterización minuciosa de los dispositivos, se verificó la validez y significancia de las medidas acústicas en condiciones frías (ambiente), como las que se iban a tomar, para representar los dispositivos respecto a sus condiciones reales de funcionamiento, es decir, expuestos a flujo caliente y pulsante como en el extremo caliente de las líneas de escape donde habitualmente se sitúan los sistemas de postratamiento. Una vez realizada esta validación. Comenzó se dio paso a la caracterización experimental, para cada sistema o dispositivo se registraron mediciones de caída de presión para un rango de caudales máxicos, normalmente entre 0 y 800 kg/h. Del mismo modo, se efectuaron mediciones de pérdida de transmisión en condiciones de ausencia de flujo y con tres caudales máxicos diferentes superpuestos, por lo general 100, 200 y 300 kg/h. La información producida, tras cierto post-procesamiento, análisis

por descomposición y comparativo, sumado al uso del razonamiento inductivo fueron empleados para cuantificar y relacionar cada elemento con sus efectos.

Adicionalmente otros temas fueron evaluados, como el cumplimiento de la propiedad aditiva en los resultados de caída de presión y pérdida por transmisión cuando varios dispositivos de postratamiento se disponen juntos formando un sistema, la importancia real de los dispositivos auxiliares que a menudo son pasados por alto, los cambios en los inicios de la vida útil de un dispositivo con filtro de partículas tipo GPF, las ventajas de realizar análisis por descomposición en los resultados de pérdida por transmisión, las capacidades de 1D y 3D CFD para producir información útil y los beneficios eventuales de la co-simulación 1D-3D.

En conjunto, se elaboró una base de datos exhaustiva sobre la caída de presión y la pérdida de transmisión de los dispositivos y sistemas de postratamiento más avanzados. Las metodologías experimentales utilizadas, con su correspondiente posprocesado, demostraron ser adecuadas y producir información significativa. Especialmente tras la validación realizada con las mediciones acústicas en condiciones ambientales relativas a condiciones similares a las reales en el motor. Los modelos 1D resultaron ser muy indicativos, dado un ajuste adecuado, y produjeron información bastante útil sobre la caída de presión y la atenuación acústica, al tiempo que imitaban la geometría y los principios de funcionamiento de las mediciones. El modelado computacional 3D permitió analizar más a fondo los efectos internos y tridimensionales, entre tanto la integración 1D-3D, aunque más exigente en términos de preparación, produjo mejoras significativas. Utilizando las metodologías y directrices propuestas se pueden obtener excelentes resultados de caída de presión y buenos resultados de atenuación acústica (como mínimo hasta los 500-700 Hz) alimentándose únicamente de datos geométricos, es decir, independientemente de cualquier medición experimental. Además, los enfoques de análisis por descomposición presentados demostraron ser una herramienta versátil y provechosa, ya que se produjo información valiosa para el análisis de todos los temas específicos evaluados.

Con respecto a dichos temas, la comprobación de la propiedad aditiva confirmó que la caída de presión es esencialmente aditiva, mientras que, en el caso de la pérdida de transmisión, la aditividad varía con la frecuencia, para frecuencias entre bajas y medias, dominadas por efectos reactivos no se encontró aditividad, mientras que de frecuencias medias a altas donde dominan los efectos disipativos si se evidencio un nivel considerable de aditividad. El estudio de un dispositivo auxiliar con un inductor de mezclado estático tipo "swirl" como pieza representativa, llevó a determinar que, aunque normalmente se pasan por alto, los elementos auxiliares contribuyen de forma significativa a la caída de presión y pueden tener una influencia notable en la atenuación acústica del sistema de postratamiento. Este último estudio también contribuyó a llenar una brecha de conocimiento, ya que se trata de los primeros resultados publicados para el tipo de elemento mezclador caracterizado. Finalmente, ambos enfoques, experimental y de modelado computacional, ayudaron a identificar la influencia de la deposición de hollín en los poros de un filtro de partículas GPF durante los primeros ciclos de uso sobre los efectos reactivos y disipativos.

En general, se encontró que prestando especial atención a determinados aspectos, los modelos computacionales pueden utilizarse para proporcionar condiciones iniciales adecuadas para el diseño de la línea de escape. Esta tesis y los datos producidos contribuyen a llenar la brecha de conocimiento en la acústica de sistemas postratamiento y elementos relacionados, también proporciona varias herramientas y enfoques útiles para mejorar el procedimiento de diseño de las líneas de escape y por lo tanto su optimización, las cuales eventualmente podrían ser transferidas a otras aplicaciones.