

Durante el proceso de apertura y cierre de un inyector Diesel, las características del combustible a la salida de la tobera cambian significativamente como consecuencia del movimiento de la aguja. Este hecho tiene una enorme influencia en el desarrollo del chorro y en el proceso de mezcla entre el aire y el combustible y, por tanto, en el posterior proceso de combustión. Sin embargo, y a pesar de su importancia, todavía hoy existen multitud de cuestiones sobre el proceso de inyección que permanecen sin resolver debido, en parte, a la dificultad para llevar a cabo experimentos a levantamientos de aguja parciales.

Teniendo en cuenta lo anterior, la presente tesis se ha centrado en el estudio de la influencia del levantamiento de aguja sobre el flujo interno en toberas de inyección Diesel. Este trabajo se ha llevado a cabo mediante simulaciones tridimensionales del flujo en condiciones cavitantes y no cavitantes, modelando la cavitación mediante un modelo de equilibrio homogéneo implementado en OpenFOAM.

Antes de analizar en profundidad la influencia de la posición de la aguja, el código ha sido puesto a punto y validado con resultados experimentales en un orificio calibrado, una tobera monorificio y una tobera multiorificio en condiciones de levantamiento de aguja máximo. El modelo de cavitación ha mostrado una gran precisión en la predicción del gasto másico, el flujo de cantidad de movimiento, la velocidad, los coeficientes de flujo y la apariencia de la cavitación. Además, los resultados computacionales y experimentales obtenidos en la validación del código han servido para estudiar alguno de los fenómenos asociados a la cavitación, como el colapso de gasto másico o el aumento de velocidad y de turbulencia.

Tras la validación del código, éste ha sido utilizado para analizar la influencia del levantamiento de aguja en una tobera microsaco real. Inicialmente, se ha llevado a cabo un estudio de más de 500 ejecuciones simulando diferentes levantamientos de aguja fijos mediante métodos RANS. En este estudio, centrado principalmente en las características del combustible a la salida de la tobera y en el desarrollo de la cavitación, se ha podido observar un cambio significativo en el aspecto de la cavitación en función de la posición de la aguja: para levantamientos grandes, el vapor se desarrolla a lo largo de la parte superior del orificio, mientras que para levantamientos pequeños, la cavitación aparece en el asiento de la aguja y en la parte inferior del orificio para contrapresiones relativamente bajas. Este hecho tiene una enorme influencia sobre los valores de gasto másico, de flujo de cantidad de movimiento y de velocidad efectiva, los cuales apenas varían para levantamientos de aguja mayores de $75 \mu m$.

Posteriormente, los efectos del levantamiento de aguja han sido estudiados aplicando métodos LES. El uso de Large Eddy Simulation ha proporcionado información de gran relevancia sobre el flujo interno, especialmente sobre el desarrollo de la turbulencia y su interacción con el fenómeno de la cavitación. Los resultados de este estudio han demostrado que la cavitación favorece el desarrollo de la turbulencia, provocando un cambio notable de los niveles de turbulencia y de la región más turbulenta de la tobera en función de la posición de la aguja. Además, los resultados han puesto en evidencia la existencia de una cierta interacción o interdependencia entre ambos fenómenos, puesto que la turbulencia tiene a su vez importantes efectos sobre la apariencia de la cavitación. Profundizando en el desarrollo de la turbulencia, se ha observado también un aumento significativo del número de vórtices presentes en el fluido y un descenso de su tamaño a medida que la aguja desciende.

Finalmente, se ha analizado la influencia del levantamiento de aguja mediante malla móvil, reproduciendo así el movimiento real de la aguja durante todo el proceso de inyección. Este último estudio ha sido posible gracias a la modificación del código y ha sido utilizado a partir de condiciones de contorno proporcionadas por un modelo unidimensional del inyector creado en AMESim. Por una parte, se han comparado los resultados obtenidos mediante simulaciones estacionarias y transitorias, mostrando diferencias despreciables en el cálculo de las características del combustible en la salida de los orificios de la tobera. No obstante, se ha detectado un menor volumen de combustible en fase vapor en las simulaciones transitorias, especialmente para pequeños levantamientos de aguja. Por otra parte, se ha comparado la tasa de inyección experimental con la tasa obtenida en OpenFOAM y AMESim. Dicha comparación ha permitido demostrar el gran potencial de AMESim y el buen comportamiento de OpenFOAM para predecir la tasa de inyección.