

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA**

**DEPARTAMENTO DE MÁQUINAS Y MOTORES TÉRMICOS.**



**Estudio de comprensión de los efectos de la cavitación sobre los procesos de mezcla, combustión y formación de hollín en motores diesel DI.**

**Trabajo Fin de Máster**

**Realizado por: D. Oscar Alejandro de la Garza de León.  
Dirigido por: Dr. D. José Javier López Sánchez**



## Contenidos:

<b>1. MEMORIA.....</b>	<b>3</b>
<b>2. ANEXOS.....</b>	<b>6</b>
<b>2.1. PUBLICACIONES.....</b>	<b>6</b>
2.1.1. A comprehensive study on the effect of cavitation on injection velocity in diesel nozzles .....	6
<b>2.2. INFORMES: .....</b>	<b>7</b>
2.2.1. Caractérisation hydraulique des buses .....	7
2.2.2. Etude par visualisation du processus de formation de suies dans la flamme de diffusion diesel avec concentration d'oxygène variable .....	8



## 1. MEMORIA

El trabajo realizado durante el periodo de formación y docencia del Máster en Motores de Combustión Interna Alternativos, se ve reflejado en la participación en 3 proyectos de investigación, 1 publicación que se encuentra en fase de revisión en una revista JCR, 2 informes presentados a empresas y, adicionalmente, en la generación de información para 3 publicaciones más que están en fase de realización.

Las investigaciones realizadas se encuadran dentro del marco global de los procesos de inyección-combustión en motores Diesel de inyección directa. De forma más concreta he colaborado en los siguientes 3 proyectos de investigación:

1. Evaluación y optimización de los modelos Star-CD de flujo interno en toberas y de chorro diesel.
2. Estudio de visualización del proceso de formación de hollín en una llama de difusión diesel con variación de oxígeno.
3. Estudio experimental de la influencia de la cavitación sobre los procesos de mezcla, de combustión y de formación de hollín.

A continuación se va proceder a detallar el trabajo que se ha llevado a cabo en cada uno de los estudios antes mencionados.

### **1. *Evaluación y optimización de los modelos Star-CD de flujo interno en toberas y de chorro diesel.***

Mi colaboración en este estudio consistía en alcanzar el siguiente objetivo: construir una base experimental, con la finalidad de que sirva de referencia, para validar tanto los modelos de cavitación como de turbulencia implementados en el código Star-CD.

La metodología, los resultados y las conclusiones obtenidas, se encuentran en el informe "*Caracterización hidráulica de toberas*", que se adjunta en el anexo. No obstante, a continuación se mencionan, de manera resumida, las principales conclusiones de este trabajo:

1. La aparición de la cavitación se traduce en:
  - o Una reducción del caudal másico.
  - o Una reducción del flujo de cantidad de movimiento, en menor medida que la del caudal másico.
  - o Por lo tanto un incremento de la velocidad de inyección.
2. Por otro lado las toberas mono-orificio, presentan un comportamiento de flujo diferente, respecto a las multi-orificio.

En referencia a la primera conclusión, las principales observaciones de este trabajo se pretenden publicar con el título "*The influence of cavitation on the injection process in diesel injection nozzles*".



Por otro lado, con la intención de entender las constataciones experimentales sobre flujo interno, debido a la aparición de la cavitación, se realizó un análisis teórico, con la intención de estudiar cuáles son los efectos directos e indirectos de la cavitación sobre el comportamiento del flujo. Los resultados y conclusiones obtenidos de dicho trabajo se encuentran descritos en el artículo adjunto en el anexo que lleva por título *“A comprehensive study on the effect of cavitation on injection velocity in diesel nozzles”*, el cual se encuentra en fase de revisión en la revista *“Journal of Engineering for Gas Turbines and Power”*.

En referencia a la segunda conclusión, la diferencia de comportamiento entre toberas mono-orificio (es decir, de bajo caudal) y multi-orificio (es decir, de mayor caudal) podría ser originada por las diferentes pérdidas de carga en el seno del portainyector. En efecto, para llevar a cabo un adecuado análisis del flujo interno en toberas diesel, es necesario conocer la presión efectiva de inyección (es decir, justo aguas arriba del orificio), la cual depende de la magnitud que tengan las pérdidas de carga en el portainyector. Con el objetivo de conocer dicha presión efectiva se ha puesto a punto una metodología para caracterizar dichas pérdidas de carga, en donde se ha encontrado que éstas pueden llegar a ser importantes. Este trabajo se está redactando para publicarse en la revista *Experimental Techniques* con el título *“The influence of pressure losses on the internal flow in diesel engine injectors”*.

## **2. Estudio de visualización del proceso de formación de hollín en una llama de difusión diesel con variación de oxígeno.**

La formación de hollín depende físicamente de tres parámetros: el tiempo de residencia del combustible en el interior de la llama de difusión, la temperatura adiabática de llama, y del dosado en el lift-off. Este último parámetro parece ser el más importante. Teniendo presente lo anterior se planteó el objetivo de este segundo estudio, el cual consiste en profundizar en el conocimiento de la influencia tanto de la variación de la concentración de oxígeno como del diámetro geométrico, sobre el dosado en el lift-off y la formación de hollín.

La metodología, los resultados y conclusiones obtenidas en este segundo estudio se describen en el informe *“Estudio de visualización del proceso de formación de hollín en una llama de difusión diesel con variación de oxígeno”*, adjunto en el anexo. No obstante, a continuación se presentan, manera resumida, las principales conclusiones de este trabajo:

- Cuando la fracción másica de oxígeno es baja (menor al 17%), se observa que la influencia sobre el proceso de formación de hollín tanto de la geometría como de lo que ocurre cerca del orificio de la tobera es nula.
- En cambio, cuando la fracción másica de oxígeno es elevada (mayor al 17%), se observa que la tobera de menor diámetro genera menos hollín que la de mayor diámetro. Esto es debido a que en la tobera de menor diámetro, se establece un umbral mínimo en la longitud del lift-off, lo cual conduce a una longitud de lift-off mayor de lo esperado, y por tanto a una disminución en el valor del dosado, por lo que en dicha tobera se tiene una cantidad de hollín menor a la esperable.

Este trabajo se pretende publicar con el título *“Orifice diameter effects on flame lift-off and soot formation”*.

De manera adicional, este trabajo ha dado también como resultado una mejora tanto en la metodología experimental como en la de análisis, las cuales han sido comentadas en el informe *“Estu-*



*dio de visualización del proceso de formación de hollín en una llama de difusión Diesel con variación de oxígeno”, anteriormente mencionado.*

### **3. Estudio experimental de la influencia de la cavitación sobre los procesos de mezcla, de combustión y de formación de hollín.**

En el estudio anterior se estudió la influencia tanto de la variación de concentración de oxígeno como del diámetro sobre el dosado en el lift-off que, como se ha dicho antes, es el parámetro que parece tener una importancia primordial en la formación de hollín.

Ahora, en este tercer estudio, lo que se desea estudiar es la influencia que tiene la cavitación sobre el proceso de mezcla, el dosado en el lift-off y la formación de hollín.

Para la consecución del objetivo anterior, se ha utilizado la misma metodología que la del estudio precedente, en dos inyectores de diferente geometría, uno cilíndrico, el cual propicia la aparición de la cavitación, y otro cónico, el cual inhibe la aparición de la misma.

En este momento el estudio se encuentran en la fase de análisis y obtención de conclusiones.

Como complemento a este trabajo, se estudiará el efecto de la cavitación sobre los parámetros motorísticos, a través de la caracterización del proceso de mezcla y la formación de contaminantes (especialmente hollín) a través de su contenido en los gases de escape. (Este trabajo se encuentra en fase de realización).

Una vez que se concluya dicho estudio se pretende elaborar un informe y, en paralelo, llevar a cabo una publicación.

A modo de conclusión, los trabajos de investigación realizados durante el periodo de formación y docencia del Máster en Motores de Combustión Interna Alternativos han completado mi formación, profundizando en el conocimiento de los procesos de inyección-combustión relacionados con los motores diesel.



## **2. ANEXOS.**

### **2.1. PUBLICACIONES**

**2.1.1. A comprehensive study on the effect of cavitation on injection velocity in diesel nozzles**



## **2.2. INFORMES:**

### **2.2.1. Caractérisation hydraulique des buses**



### **2.2.2. Etude par visualisation du processus de formation de suies dans la flamme de diffusion diesel avec concentration d'oxygène variable**