

Estudio paramétrico de un ciclo de eyección para la recuperación de energía térmica de los gases de escape. Optimización de casos con presiones altas a la salida

Autor: Julián Sánchez Riera

Tutor: Vicente Dolz Ruiz

Cotutora: Lucía Royo Pascual

Julio 2016

Índice

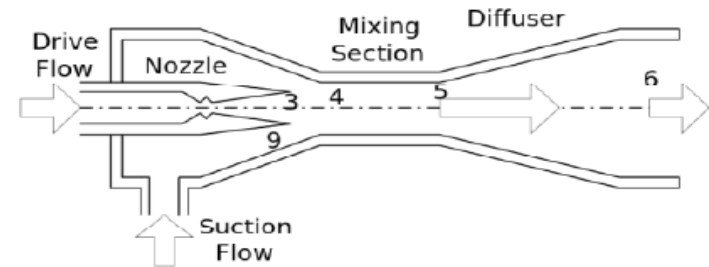
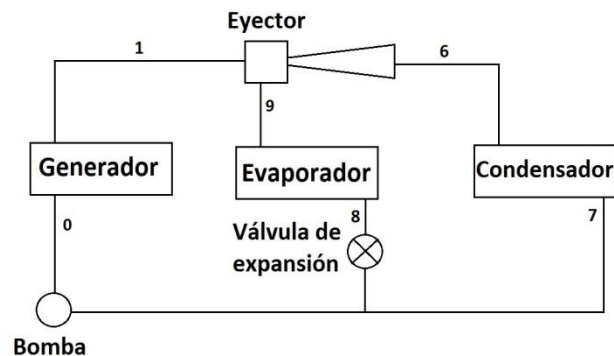
1. Introducción
2. Objetivos
3. Estudio Paramétrico
4. Proceso de Arranque. Fases
5. Resultados
6. Estudio Geométrico
7. Conclusiones

Julio 2016

1. **Introducción**
2. Objetivos
3. Estudio Paramétrico
4. Proceso de Arranque. Fases
5. Resultados
6. Estudio Geométrico
7. Conclusiones

1. Introducción

- Ciclo de eyección



- Aplicaciones: sistemas de refrigeración o aire acondicionado en automóviles, o camiones frigoríficos (DENSO)

Julio 2016

1. Introducción
2. Objetivos
3. Estudio Paramétrico
4. Proceso de Arranque. Fases
5. Resultados
6. Estudio Geométrico
7. Conclusiones

2. Objetivos

- Estudiar la viabilidad de un eyector para la recuperación de energía térmica de escape de un automóvil.
- Estudiar el comportamiento del flujo en el interior del eyector.
- Determinar los parámetros geométricos más importantes.
- Mejorar el comportamiento global del eyector mediante modificaciones geométricas.

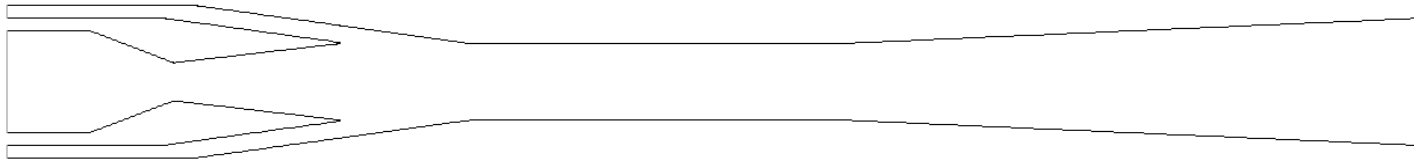
Julio 2016

1. Introducción
2. Objetivos
- 3. Estudio Paramétrico**
4. Proceso de Arranque. Fases
5. Resultados
6. Estudio Geométrico
7. Conclusiones

Julio 2016

3. Estudio Paramétrico

- Geometría



- Dimensiones: 12x85mm

- Dominio: malla estructurada por bloques



Julio 2016

3. Estudio Paramétrico

- **Mallado: estructurado por bloques.**
 - Número de celdas: 23321
 - Calidad de malla: buena
 - Skewness: 0.0547. Orthogonal Quality: 0.989
- **Condiciones de funcionamiento**
 - R134a: Gas Real. Uso de datos del NIST
 - Rango de condiciones de los 30 casos estudiados:

Condición de contorno	Presión [bar]	Temperatura [K]
Entrada Primaria	40, 50, 60	454
Entrada Secundaria	2.93-4.33	273-285
Salida	11-16.25	394.1-406.5

Julio 2016

1. Introducción
2. Objetivos
3. Estudio Paramétrico
4. **Proceso de Arranque. Fases**
5. Resultados
6. Estudio Geométrico
7. Conclusiones

Julio 2016

4. Proceso de Arranque. Fases

- Arranque cuasi-estacionario de la tobera
 - Sucesión de cálculos estacionarios, con pequeños saltos de presión en la entrada primaria
- Ajuste de la contrapresión de la salida
- Ajuste de la presión secundaria
- Finalización de los cálculos. Convergencia del resultado

Julio 2016

1. Introducción
2. Objetivos
3. Estudio Paramétrico
4. Proceso de Arranque. Fases
5. Resultados
6. Estudio Geométrico
7. Conclusiones

Julio 2016

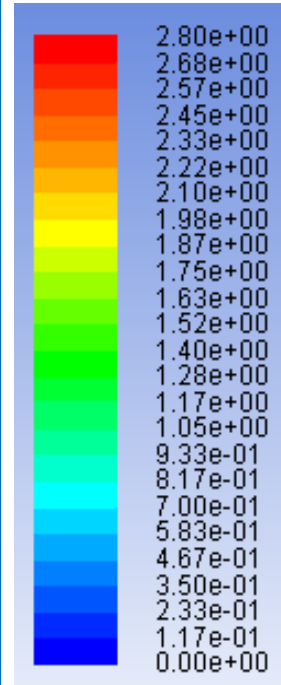
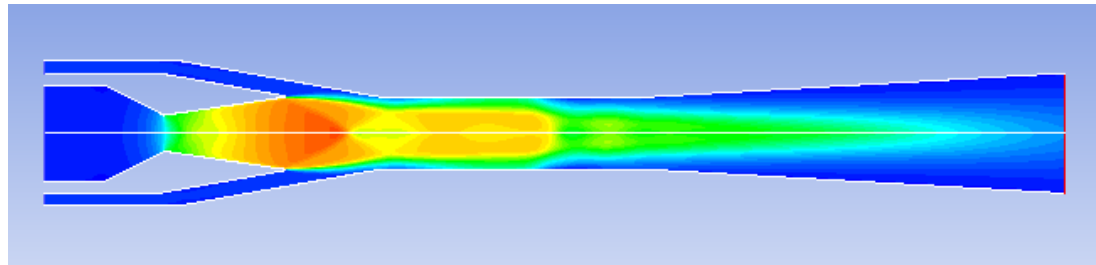
5. Resultados

Contornos de número de Mach

Ratio Principal = 3.3

Modo Crítico

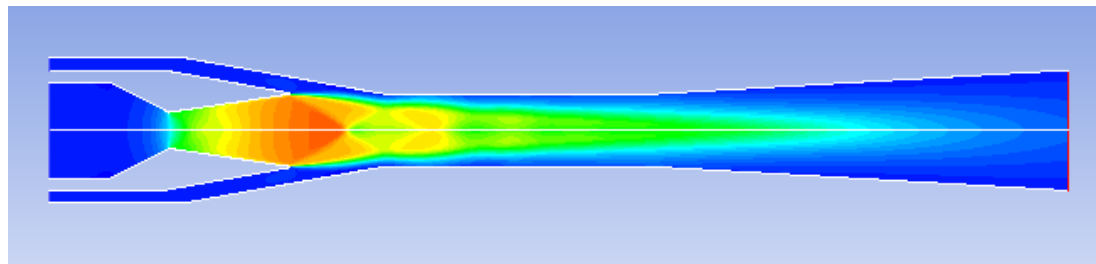
Entrada Primaria	40 bar, 454 K
Entrada Secundaria	3.5 bar, 278 K
Salida	12.1 bar, 405K



Ratio Principal = 3.1

Modo Subcrítico

Entrada Primaria	40 bar, 454 K
Entrada Secundaria	3.5 bar, 278 K
Salida	12.9 bar, 405K



Julio 2016

5. Resultados

Contornos de número de Mach

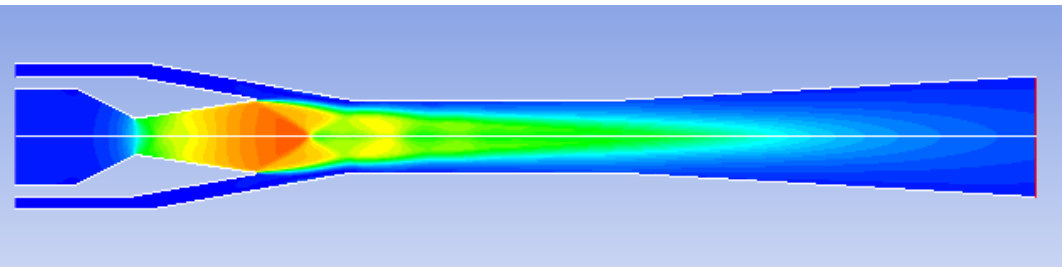
Ratio Principal = 3

Modo Subcrítico

**Entrada
Primaria** 40 bar,
454 K

**Entrada
Secundaria** 3.5 bar,
278 K

Salida 13.3 bar,
405K



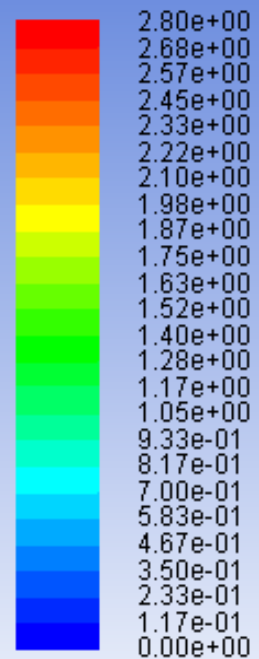
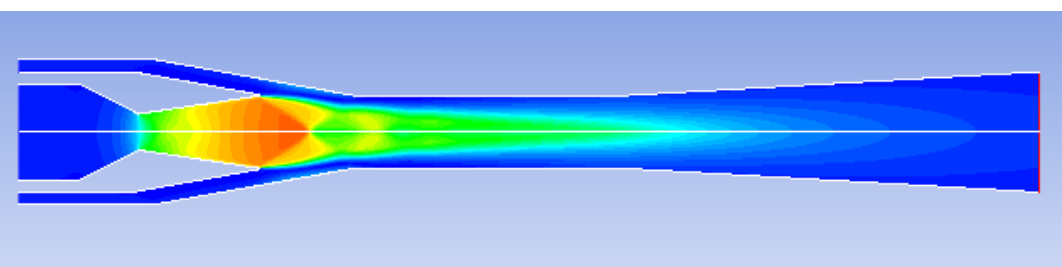
Ratio Principal = 2.8

Modo Backflow

**Entrada
Primaria** 40 bar,
454 K

**Entrada
Secundaria** 3.5 bar,
278 K

Salida 14 bar,
405K



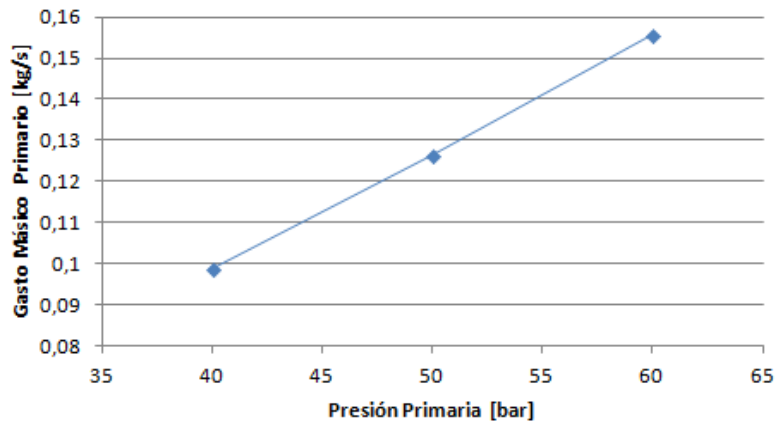
Julio 2016

5. Resultados

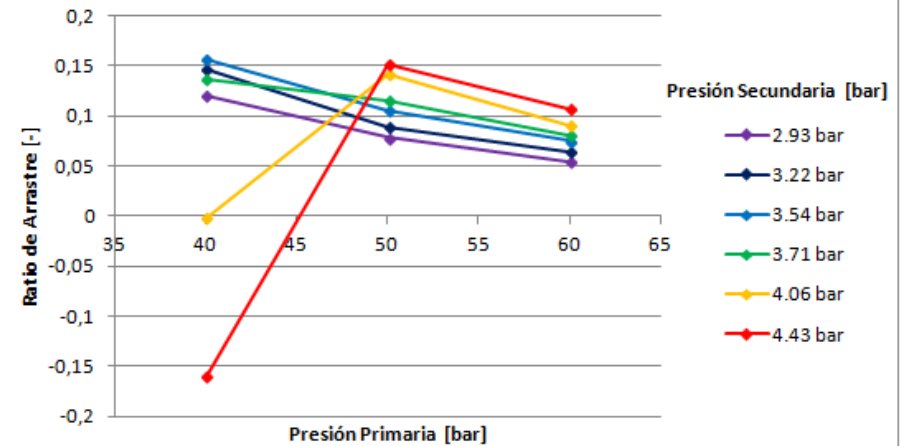
Criterio
Optimización

$$\text{Ratio de Arrastre} = \frac{\dot{m}_{\text{secundario}}}{\dot{m}_{\text{primario}}}$$

Gasto Másico Primario



Ratio de Arrastre



Julio 2016

1. Introducción
2. Objetivos
3. Estudio Paramétrico
4. Proceso de Arranque. Fases
5. Resultados
- 6. Estudio Geométrico**
7. Conclusiones

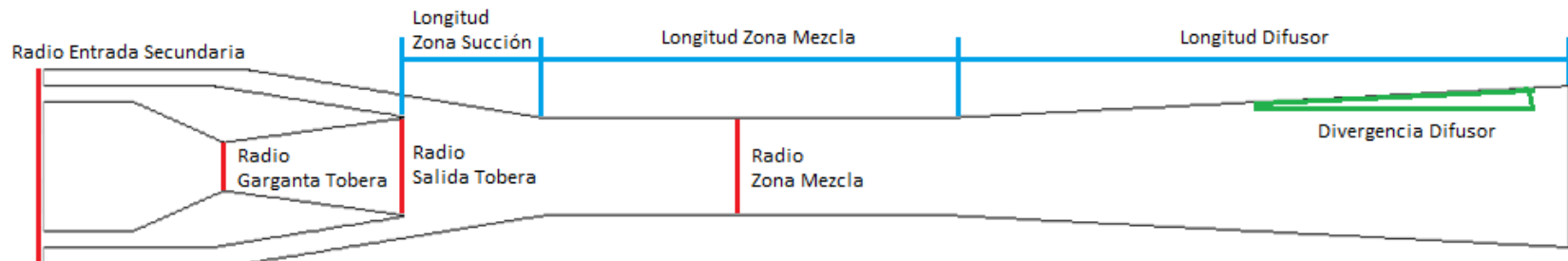
Julio 2016

6. Estudio Geométrico

I. Estudio Paramétrico de la Geometría

Rango Estudio Geométrico	Inicial	Mínimo	Máximo
Radio Garganta Tobera	1.5 mm	1.3 mm	1.7 mm
Radio Salida Tobera	3 mm	2.4 mm	3.2 mm
Radio Entrada Secundaria	6 mm	7 mm	9 mm
Longitud Zona de Succión	8 mm	4 mm	12 mm
Longitud Zona de Mezcla	22 mm	44 mm	88 mm
Radio Zona de Mezcla	3 mm	2 mm	4 mm
Longitud Difusor	35 mm	60 mm	-
Divergencia Difusor	3.3°	8.13°	-

Condiciones de Contorno	
Entrada Primaria	40 bar, 454 K
Entrada Secundaria	3.5 4 bar, 278.3 K
Salida	12.51 bar, 405.4 K



Julio 2016

6. Estudio Geométrico

II. Mejora Geométrica del Estudio Paramétrico de las condiciones de contorno con Backflow:

Entrada Primaria	40 bar, 454 K
Entrada Secundaria	3.5 4 bar, 278.3 K
Salida	14.5 bar, 406.5 K

III. Mejora Geométrica del Estudio Paramétrico de las condiciones de contorno:

Entrada Primaria	40 bar, 454 K
Entrada Secundaria	3.5 4 bar, 278.3 K
Salida	12.51 bar, 405.4 K

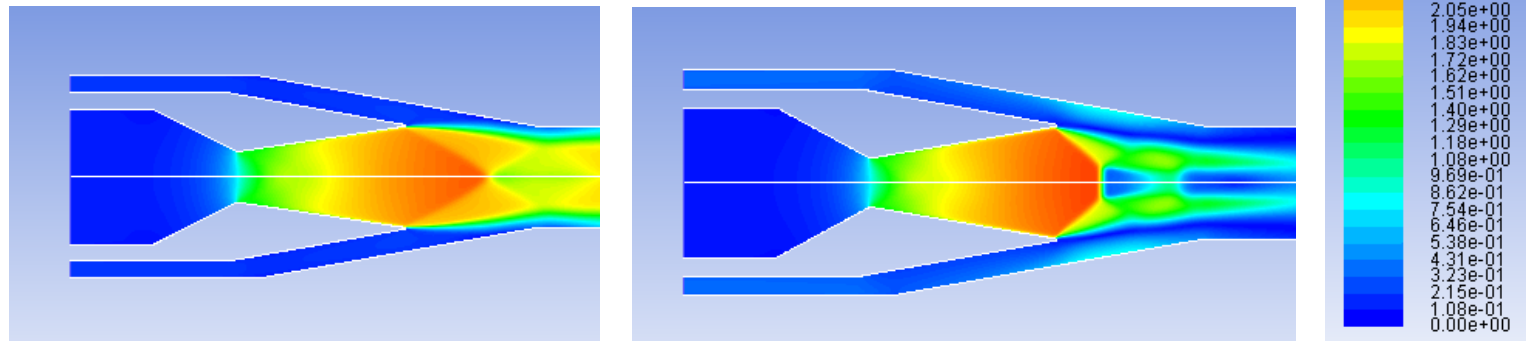
Julio 2016

6. Estudio Geométrico

- Radio de la garganta
 - Reducir el radio: de 1.5 a 1.3 mm (-25% sección), reduce un 24.7% el gasto másico.
 - Beneficio: Reduce el gasto primario.
 - Problema: Aumento de la relación de áreas, la tobera aumenta su sobreexpansión, provocando backflow.

Condiciones de Contorno	
Entrada Primaria	40 bar, 454 K
Entrada Secundaria	3.5 4 bar, 278.3 K
Salida	12.51 bar, 405.4 K

Contornos de número de Mach



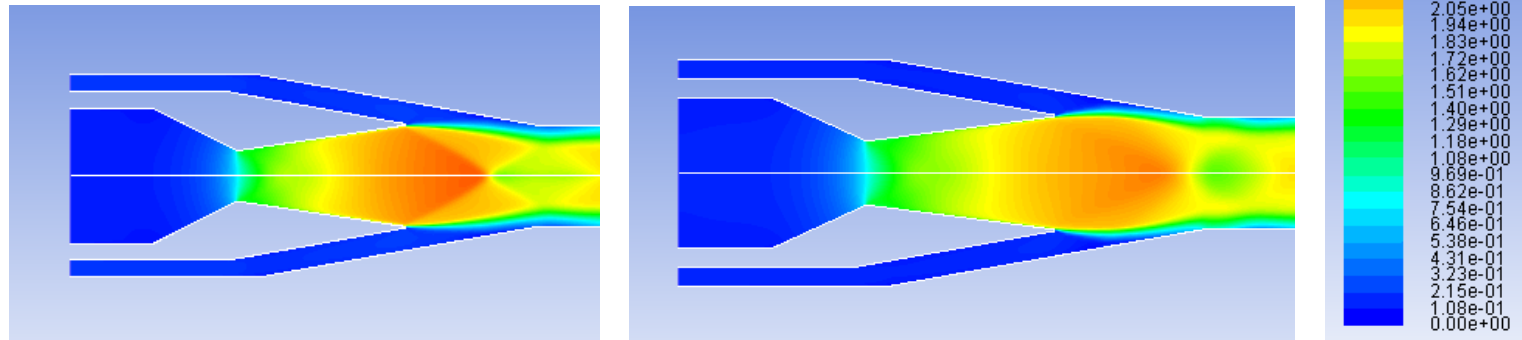
Julio 2016

6. Estudio Geométrico

- Radio de la garganta
 - Aumentar el radio: de 1.5 a 1.7mm (+28.4% sección), aumenta el gasto primario un 28.5%.
 - Beneficio: reduce relación de áreas y sobreexpansión (subexpansión).
 - Problema: reduce el ratio de arrastre.

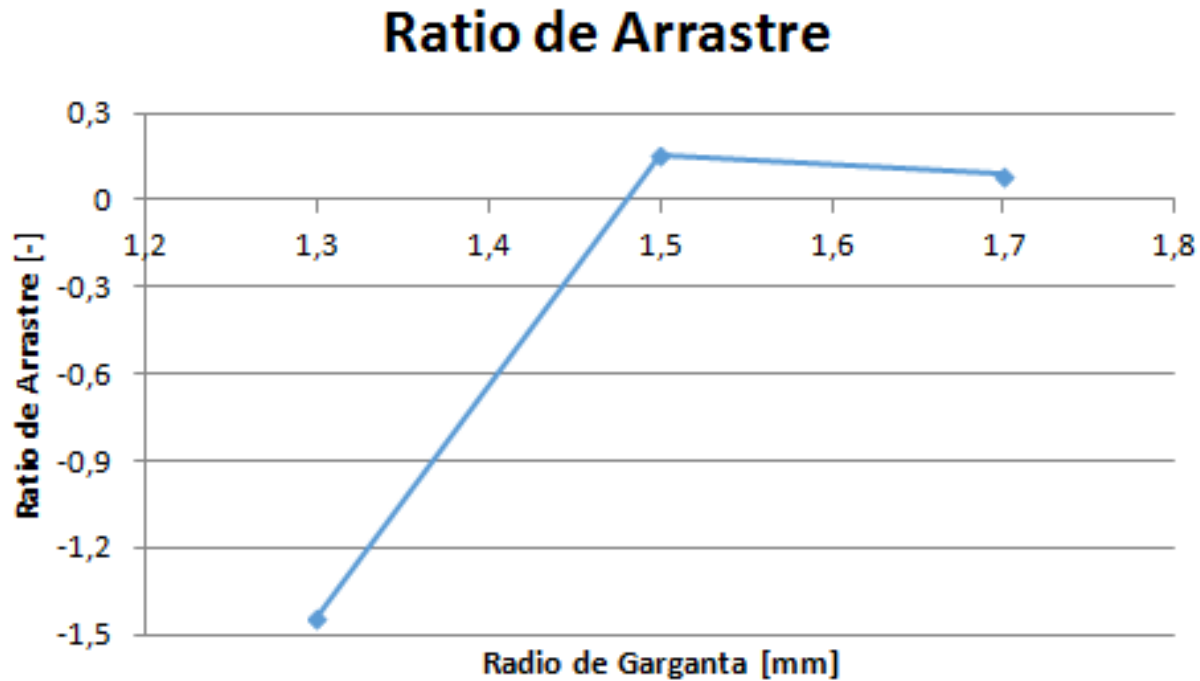
Condiciones de Contorno	
Entrada Primaria	40 bar, 454 K
Entrada Secundaria	3.5 4 bar, 278.3 K
Salida	12.51 bar, 405.4 K

Contornos de número de Mach



Julio 2016

6. Estudio Geométrico



Julio 2016

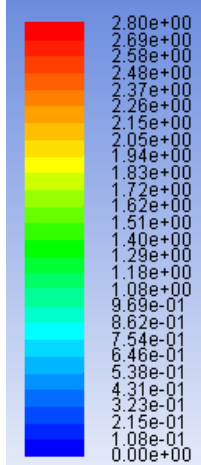
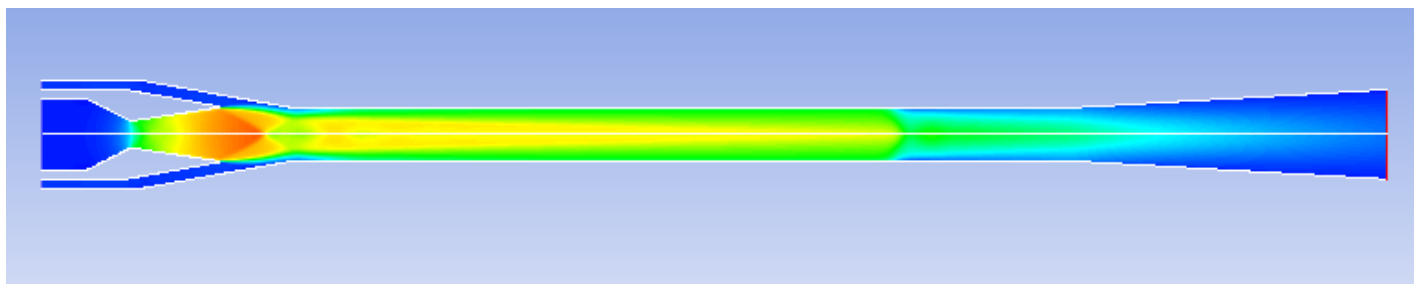
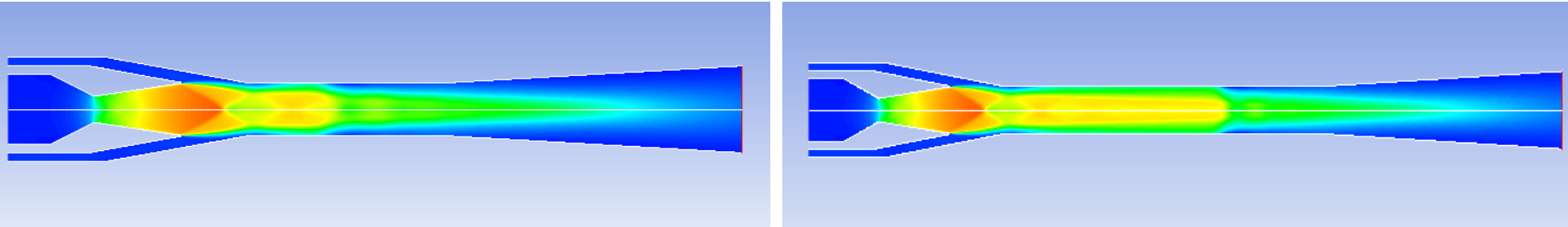
6. Estudio Geométrico

- Longitud de la zona de mezcla
 - Aumentar la longitud x2 y x4

Condiciones de Contorno

Entrada Primaria	40 bar, 454 K
Entrada Secundaria	3.5 4 bar, 278.3 K
Salida	12.51 bar, 405.4 K

Contornos de número de Mach



Julio 2016

6. Estudio Geométrico

- Mejora I. Mejora prestaciones con condiciones en backflow.

	Inicial	Final
Radio Garganta Tobera	1.5	1.7
Relación de Áreas	4	3.11

- Resultados
 - Salida de condiciones de backflow, se pasa de -0.1599 a 0.128 de ratio de arrastre.
 - Reducción de sobreexpansión de tobera

Julio 2016

6. Estudio Geométrico

- Mejora II. Optimización prestaciones de la geometría.

	Inicial	Final
Radio Garganta Tobera	1.5	1.6
Radio Salida Tobera	3	3.2
Longitud Zona de Mezcla	22	72
Radio Zona de Mezcla	3	3.2
Longitud Difusor	35	60

- Consecuencias

- Dimensiones del eyector: 12x160mm.
- Aumento del 15.5% y del 26.2% del gasto primario y secundario, respectivamente. Aumento del ratio de arrastre del 9%.

Índice

1. Introducción
2. Objetivos
3. Estudio Paramétrico
4. Proceso de Arranque. Fases
5. Resultados
6. Estudio Geométrico
7. Conclusiones

7. Conclusiones

- Se ha establecido una metodología para modelar eyectores mediante CFD con bases de datos de fluidos reales.
- Los parámetros geométricos de un eyector más importantes son la relación de áreas de la tobera y la longitud de la zona de mezcla.
- Se ha conseguido establecer criterios de diseño para establecer una geometría óptima según las condiciones de contorno.
- Una alta presión a la salida provoca reflujo en el eyector, lo que se puede resolver modificando la tobera variando su punto de funcionamiento.

Julio 2016

Muchas Gracias