

# ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	Equipos de inyección.....	1
1.1.1	Clasificación de equipos.....	1
1.1.2	Bombas inyectoras.....	2
1.1.3	Tanque fertilizante.....	6
1.1.4	Inyector Venturi.....	8
2	OBJETIVOS.....	15
3	ANTECEDENTES.....	19
3.1	Presiones, velocidades y pérdidas de carga.....	19
3.1.1	Sin inyección.....	19
3.1.2	Con inyección.....	21
3.2	Relaciones experimentales entre pérdidas y geometría.....	24
3.3	Rendimientos.....	28
3.4	Cavitación.....	33
3.5	Dimensiones de inyectores comerciales.....	35
3.6	Conclusiones prácticas a partir de las expresiones teóricas anteriores.....	35
3.6.1	Pérdidas de carga y diferencia de presiones.....	36
3.6.2	Caudales de inyección.....	37
3.7	Técnicas CFD.....	38
4	MATERIALES Y METODOS.....	43
4.1	Variables utilizadas.....	43
4.2	Ensayos de laboratorio.....	44
4.2.2	Calibración.....	50
4.2.3	Prototipos de Venturis ensayados.....	52
4.2.4	Procedimiento del ensayo.....	55
4.3	Modelado con técnicas CFD.....	56
4.3.1	Creación de la geometría y de la malla.....	56

4.3.2	Selección del <i>Solver</i> .....	59
4.3.3	Operaciones previas del mallado.....	59
4.3.4	Selección de la formulación del <i>Solver</i> .....	59
4.3.5	Selección del modelo físico.....	60
4.3.6	Propiedades del fluido necesarias.....	61
4.3.7	Especificación de las condiciones de contorno.....	61
4.3.8	Ajuste de los parámetros de control de la solución y cálculo.....	62
4.3.9	Generación de resultados.....	62
4.3.10	Modelados realizados.....	62
5	RESULTADOS.....	67
5.1	Fase E1 (sin inyección).....	67
5.1.1	Datos experimentales.....	67
5.1.2	Modelado con CFD.....	77
5.1.3	Estimación teórica de resultados.....	92
5.2	Fase E2 (inyección inferior).....	98
5.2.1	Datos experimentales.....	98
5.2.2	Modelado con CFD.....	107
5.2.3	Estimación teórica de caudales de inyección.....	116
5.2.4	Comparación de resultados del ensayo, teóricos y de CFD.....	121
5.3	Fase E3 (inyección superior). Datos experimentales del caudal inyectado.....	123
5.4	Pérdida de carga con inyección.....	129
5.5	Comparación del comportamiento de los inyectores en las fases E2 y E3.....	131
5.5.1	Comparación de las pérdidas de carga, $\Delta h_v$ .....	132
5.5.2	Comparación de la relación de caudales $q/Q_1$ .....	134
5.5.3	Comparación de los rendimientos $\eta$ .....	136
5.5.4	Conclusiones prácticas sobre el funcionamiento de los cuatro prototipos.....	138
6	CONCLUSIONES.....	141
6.1	Respecto a la instalación propuesta.....	141

6.2	Respecto a las condiciones de funcionamiento propuestas .....	141
6.3	Respecto a las técnicas CFD utilizadas .....	142
6.4	Respecto a la formulación teórica .....	143
6.5	Método de diseño o elección del inyector en la instalación propuesta.....	143
Anejo 1.	Inyectores Comerciales.....	149
Anejo 2.	Dinámica de Fluidos Computacional (CFD).....	159
Anejo 3.	Simulación de Fertirrigación .....	179
Anejo 4.	Análisis de la Influencia de la Geometría del Inyector Venturi en su Comportamiento, con Técnicas CFD. ....	185
Anejo 5.	Métodos Estadísticos Utilizados en el Análisis y Obtención de Modelos de Comportamiento .....	195
	BIBLIOGRAFÍA.....	213

