

# Anejos

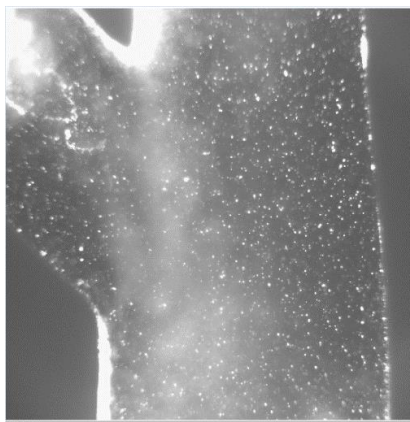
Anejo 1. Medidas realizadas .....	3
Anejo 2. Resultados complementarios al capítulo 5 .....	27



# Anejo 1. Medidas realizadas

En el presente anejo se adjuntan los datos recogidos a lo largo del experimento en el orden en el que han sido recogidos. Se muestra una imagen de la zona de medida considerada seguida de los datos de presiones y caudales recogidos y posteriormente las imágenes ya procesadas de las medidas realizadas.

## 1 Vista 1



### 1.1 Re= 110

Tabla A1 Presiones y caudales Re= 110 vista 1

r	Q2 (ml/min)	P1 (Pa)	P2 (Pa)	P3 (Pa)	Re2	Re3
0.72	122.5	12689	8715	9168	59.0	92.5
0.5	96.2	12689	8667	9173	46.3	106.8
1	150.3	12689	8715	9173	72.3	77.4
1.5	173.6	12689	8689	8973	83.5	64.7
Inf	288.7	12689	8769	8782	138.8	2.1
0	0	12493	8544	9368	0	159.0

El error de la diferencia de la relación de caudal teórica y la obtenida realmente se representa en la tabla A2.

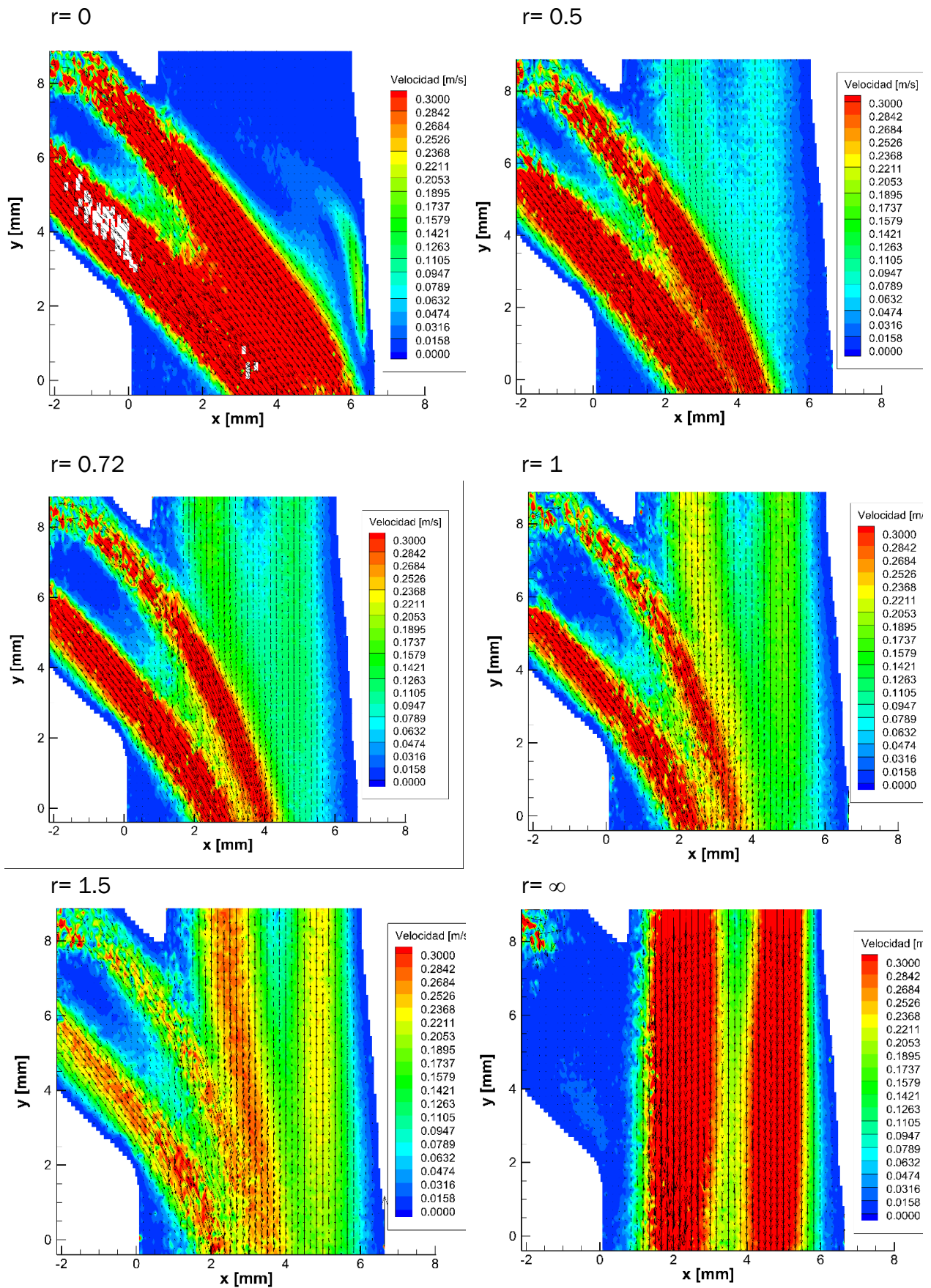
Tabla A2. Diferencia relación de caudal Re= 110 vista 1

r real	r teorico	% Error
0.49	0.50	2.06
1.06	1.00	5.58
1.46	1.50	2.79

Tabla 3 Propiedades de procesado Re= 110 vista 1

Tamaño de la zona estudio (pix)	2048 x 2048
Tamaño de la zona estudio (mm)	15.16 x 15.16
Área de interrogación (pix)	16 x 32
Área de interrogación (mm)	0.118 x 0.236
Diámetros (mm): D <sub>1</sub> / D <sub>2</sub> / D <sub>3</sub>	6,6 / 5,2 / 4,6
Factor de escala	0.621
Reynolds del conducto 1	110
Caudal 1 (ml/min)	292.656
Temperatura (°C)	25
Energía láser	6,7 - 7,2
Tiempo entre disparos (µs)	75
Overlap (%)	25





## 1.2 Re= 75

Tabla 4 Presiones y caudales Re= 75 vista 1

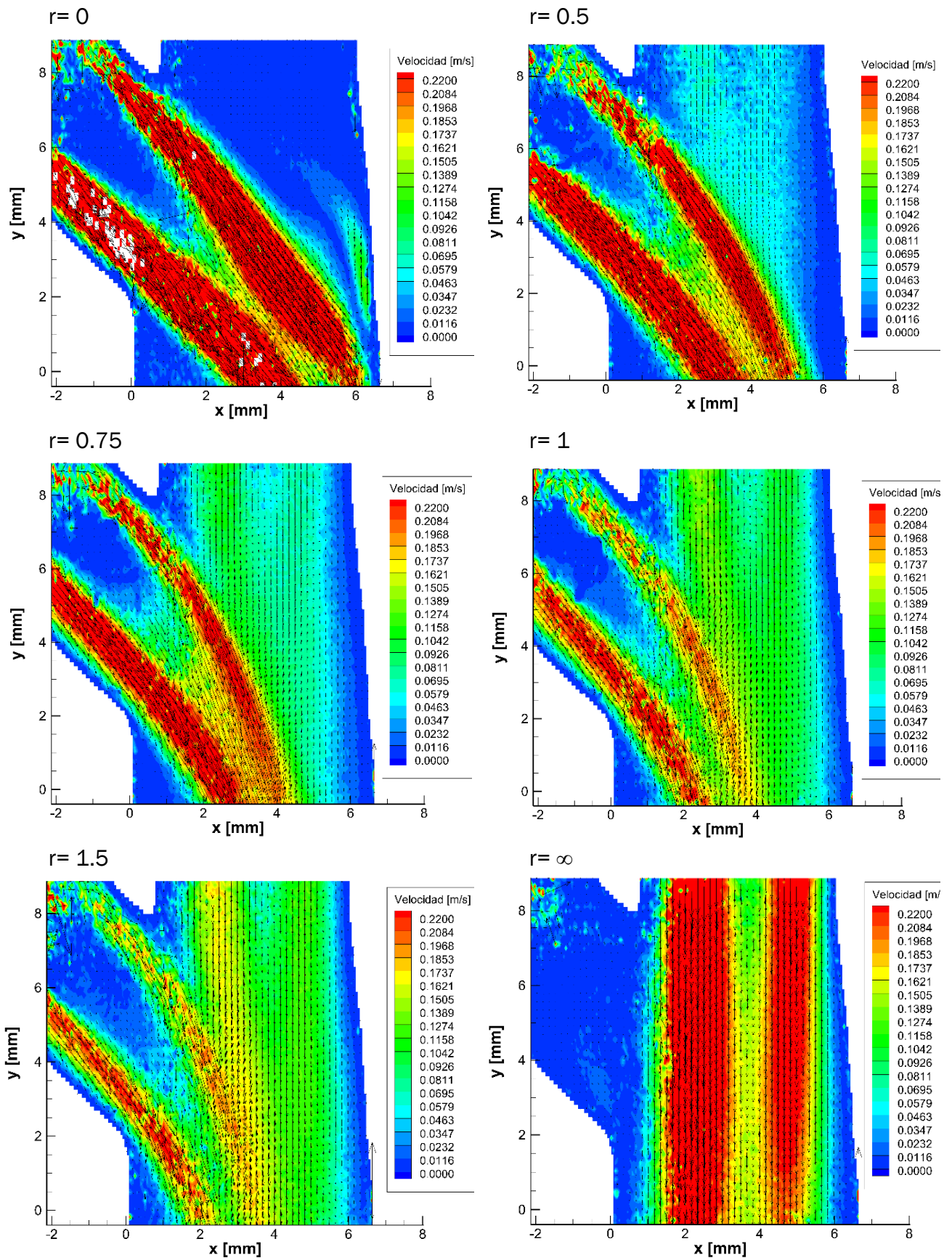
r	Q2 (ml/min)	P1 (Pa)	P2 (Pa)	P3 (Pa)	Re2	Re3
0.75	84.8	12103	8227	8682	40.8	60.2
0.5	63.5	12103	8178	8682	30.5	71.8
1	100.2	12103	8227	8587	48.2	51.9
1.5	118.6	12103	8203	8582	57.0	41.9
Inf	202.4	12103	8396	8203	97.3	-3.7
0	0	12003	8081	8782	0	106.3

Tabla 5 Discrepancia relación de caudal Re= 75 vista 1

r real	r teorico	% Error
0.48	0.50	3.90
1.05	1.00	4.97
1.54	1.50	2.61

Tabla 6 Propiedades procesado imágenes Re= 75 vista 1

Tamaño de la zona estudio (pix)	2048 x 2048
Tamaño de la zona estudio (mm)	15.16 x 15.16
Área de interrogación (pix)	16 x 32
Área de interrogación (mm)	0.118 x 0.236
Diámetros (mm): D <sub>1</sub> / D <sub>2</sub> / D <sub>3</sub>	6,6 / 5,2 / 4,6
Factor de escala	0.621
Reynolds del conducto 1	75
Caudal 1 (ml/min)	195,656
Temperatura (°C)	24,1
Energía láser	6,7 - 7,2
Tiempo entre disparos (μs)	115
Overlap (%)	25



### 1.3 Re= 35

Tabla 7 Datos caudales y presiones Re= 35 vista 1

r	Q2 (ml/min)	P1 (Pa)	P2 (Pa)	P3 (Pa)	Re2	Re3
0.45	28.3	11712	7641	8196	13.6	33.9
0.5	30.3	11517	7641	8001	14.6	32.8
1	47.1	11321	7617	8196	22.6	23.7
1.5	55.1	11517	7617	8196	26.5	19.3
Inf	105.7	11907	7617	8001	50.8	-8.2
0	0	11517	7617	8196	0	49.3

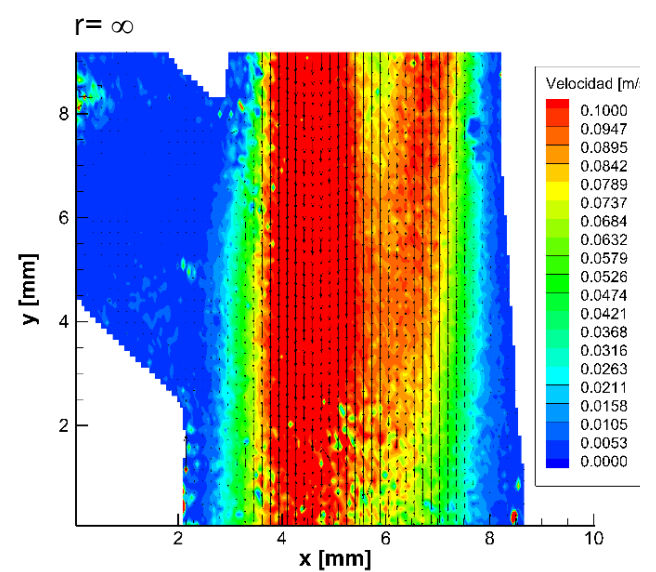
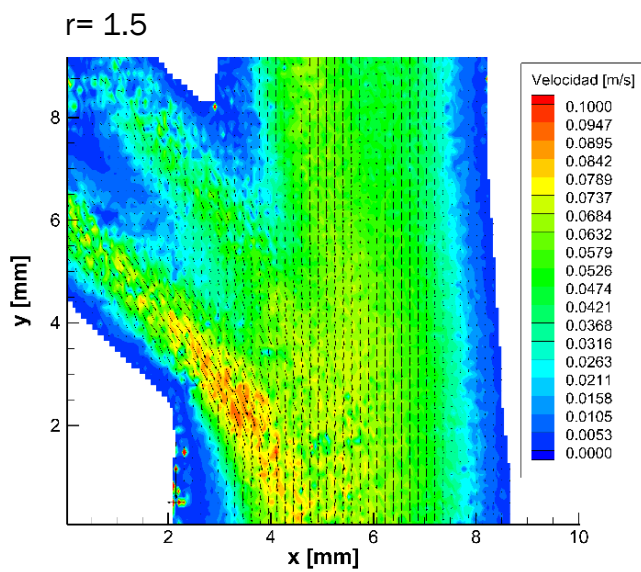
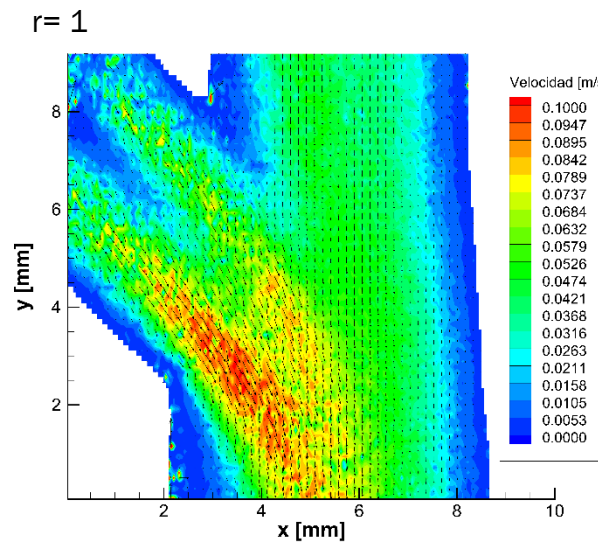
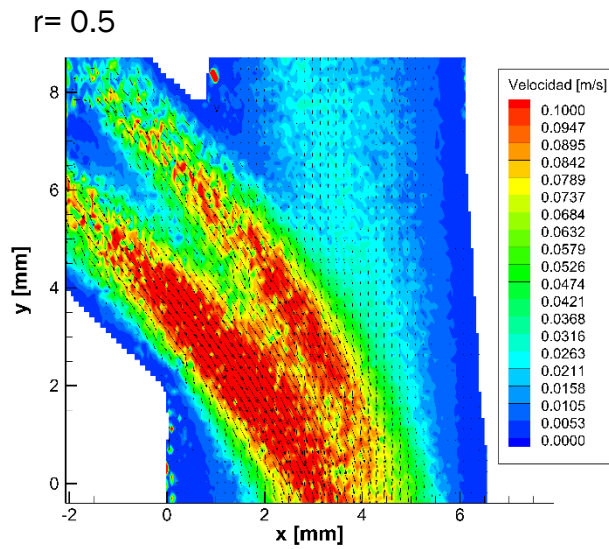
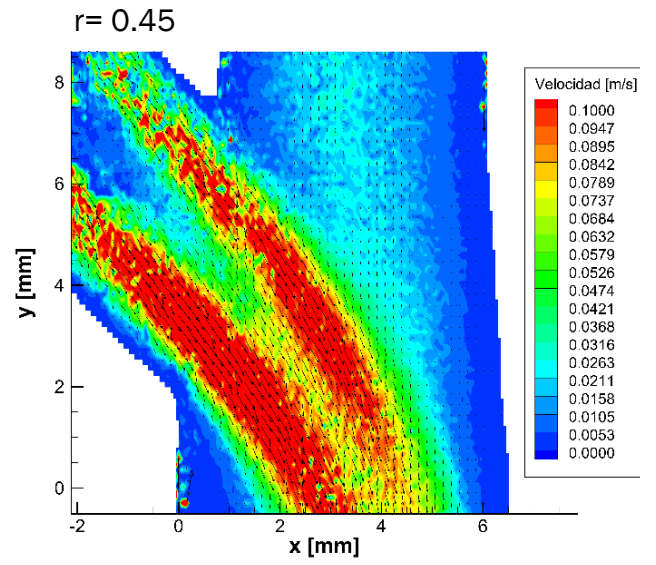
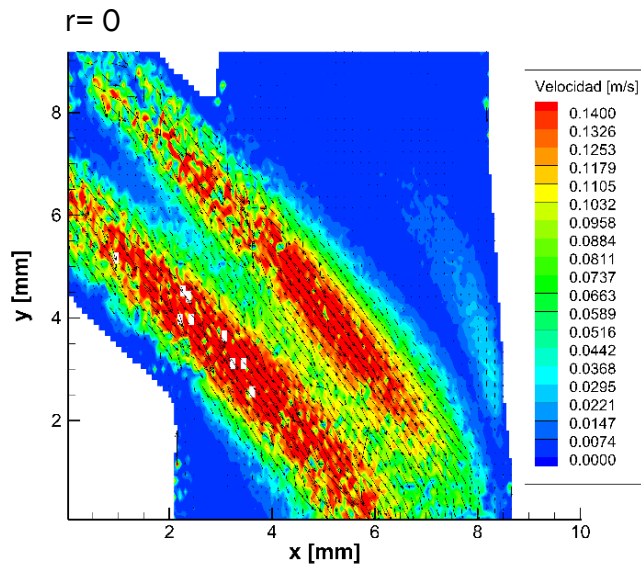
Tabla 8 Discrepancias de relación de caudal Re= 35 vista 1

r real	r teorico	% Error
0.50	0.50	0.40
1.08	1.00	8.14
1.55	1.50	3.31

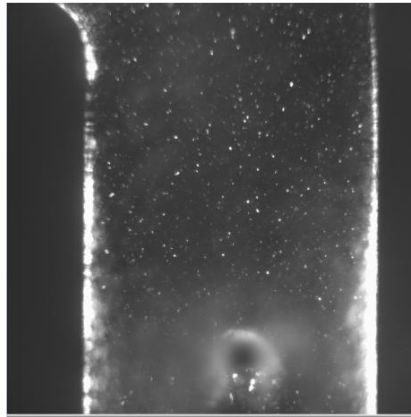
Tabla 9 Propiedades de procesado de las imágenes Re= 35 vista 1

Tamaño de la zona estudio (pix)	2048 x 2048
Tamaño de la zona estudio (mm)	15.16 x 15.16
Área de interrogación (pix)	16 x 32
Área de interrogación (mm)	0.118 x 0.236
Diámetros (mm): D <sub>1</sub> / D <sub>2</sub> / D <sub>3</sub>	6,6 / 5,2 / 4,6
Factor de escala	0.611
Reynolds del conducto 1	35
Caudal 1 (ml/min)	90.656
Temperatura (°C)	24
Energía láser	6,7 - 7,2
Tiempo entre disparos (μs)	245
Overlap (%)	25





## 2 Vista 2



### 2.1 Re= 110

Tabla 10 Datos de caudales y presiones Re= 110 vista 2

r	Q2 (ml/min)	P1 (Pa)	P2 (Pa)	P3 (Pa)	Re2	Re3
0.65	115.6	12493	8544	8978	55.6	96.2
0.5	95.7	12493	8496	8978	46.0	107.1
1	151.3	12493	8544	8978	72.8	76.8
1.5	182.6	12490	8544	8978	87.8	59.8
Inf	275.3	12103	8569	8587	132.4	9.4
0	0	12490	8544	8978	0	159.1

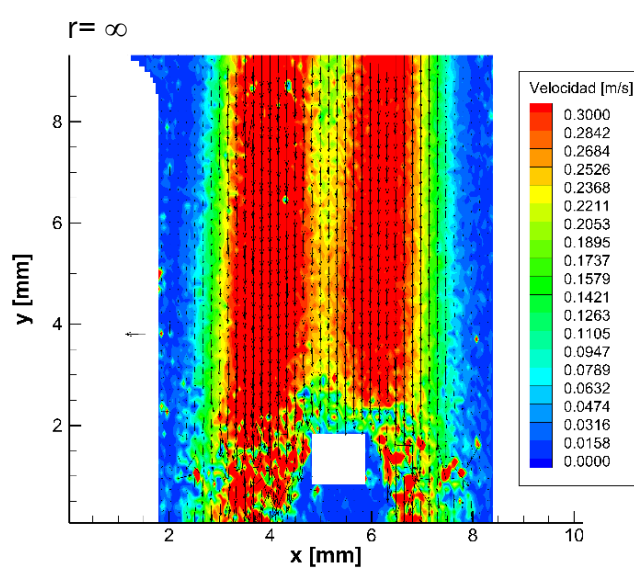
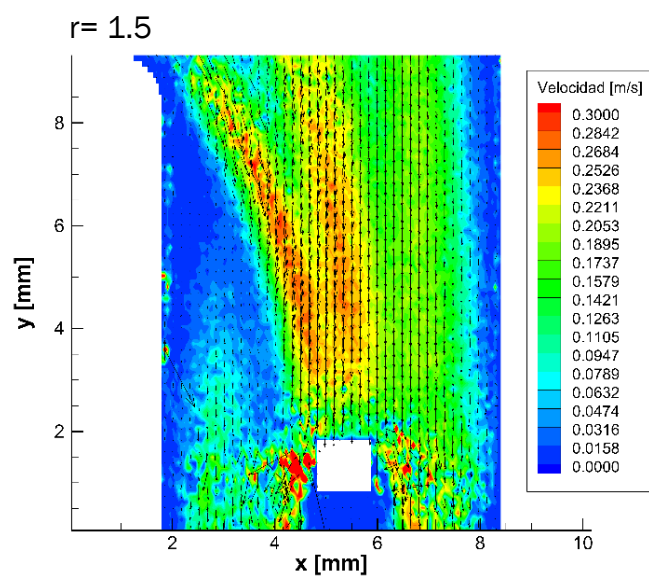
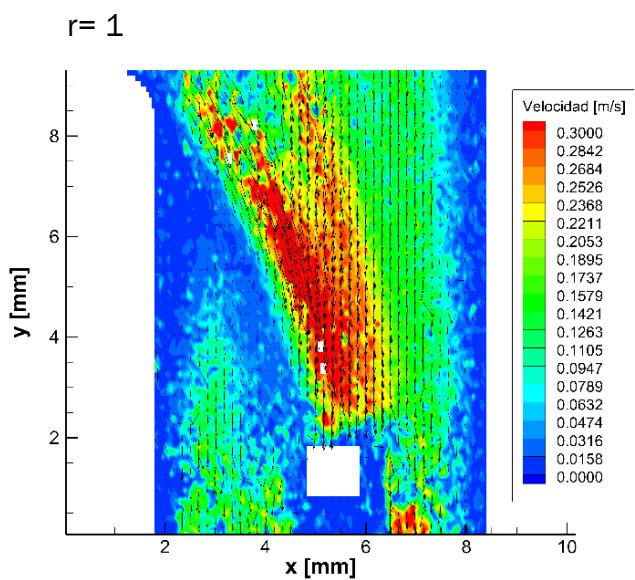
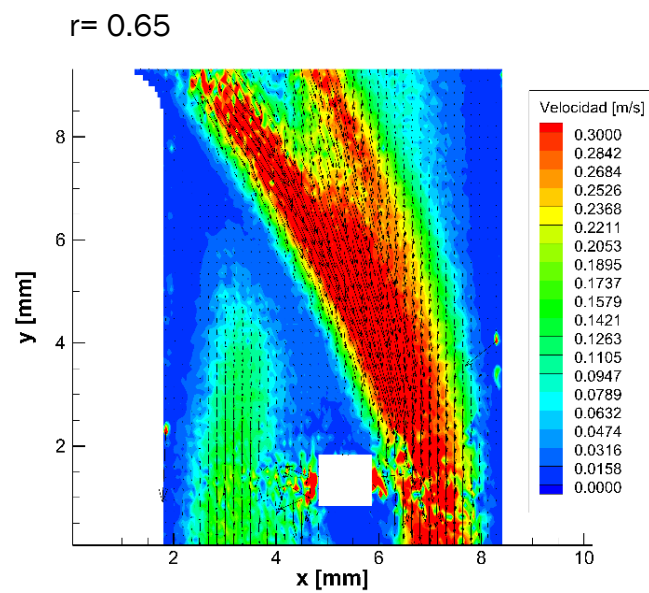
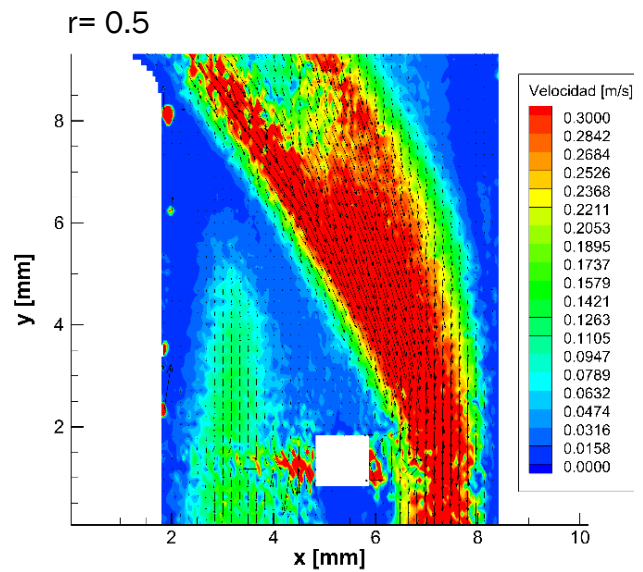
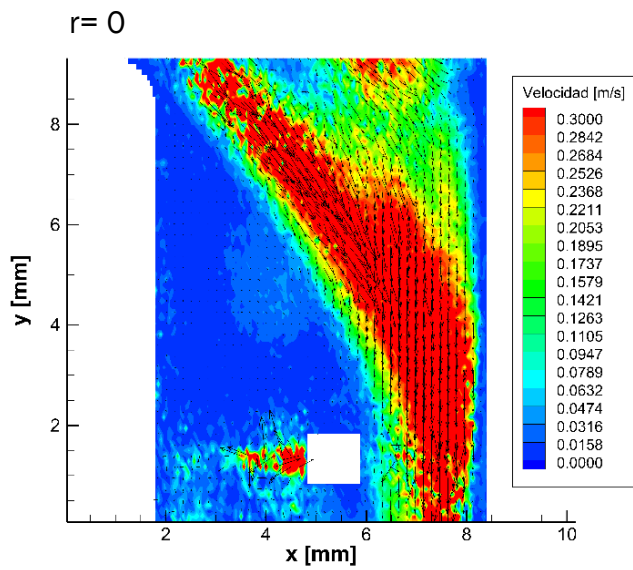
Tabla 11 Discrepancia de relaciones de caudal Re= 110 vista 2

r real	r teorico	% Error
0.49	0.50	2.82
1.07	1.00	7.03
1.66	1.50	10.61

Tabla 12 Propiedades del procesado de imágenes Re= 110 vista 2

Tamaño de la zona estudio (pix)	2048 x 1580
Tamaño de la zona estudio (mm)	15.16 x 11.7
Área de interrogación (pix)	16 x 32
Área de interrogación (mm)	0.118 x 0.236
Diámetros (mm): D <sub>1</sub> / D <sub>2</sub> / D <sub>3</sub>	6,6 / 5,2 / 4,6

Factor de escala	0.620
Reynolds del conducto 1	110
Caudal 1 (ml/min)	292,656
Temperatura (°C)	24,1
Energía láser	6,7 – 7,2
Tiempo entre disparos (µs)	75
Overlap (%)	25





## 2.2 Re= 75

Tabla 13 Datos caudales y presiones Re= 75 vista 2

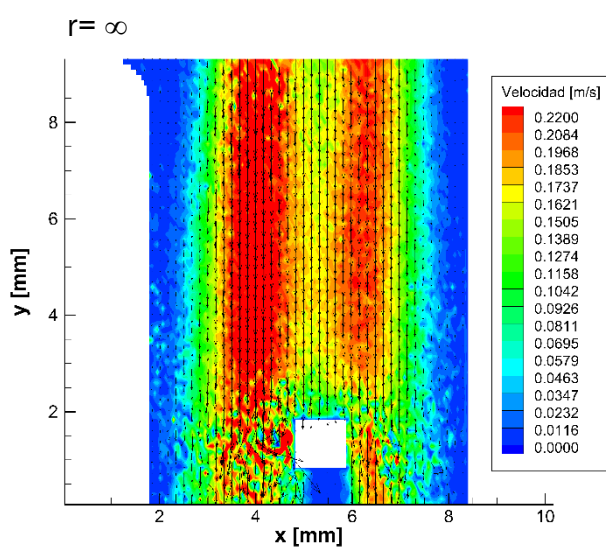
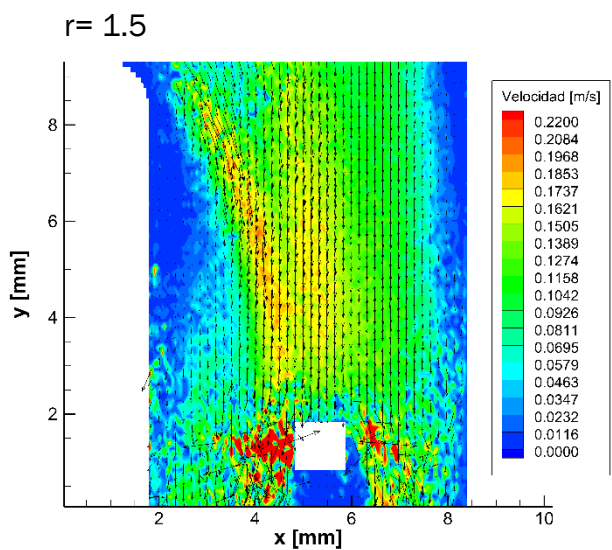
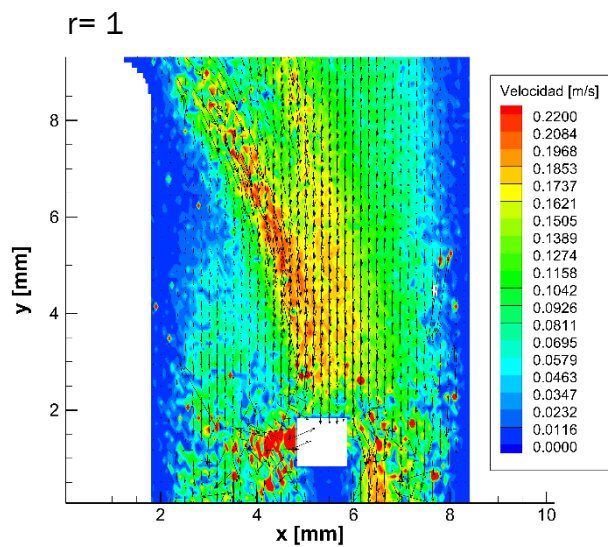
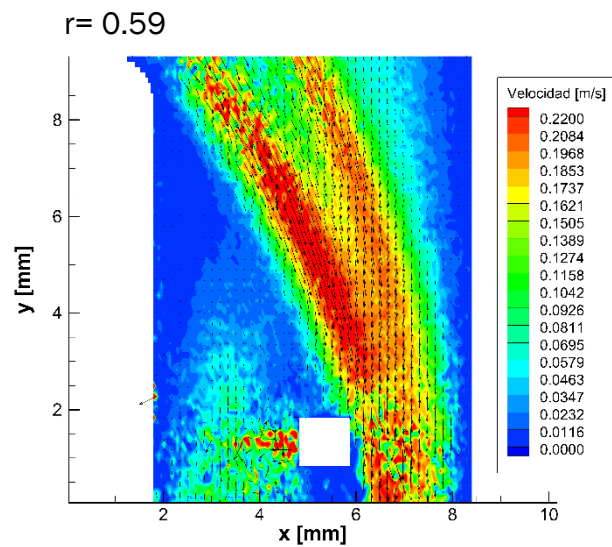
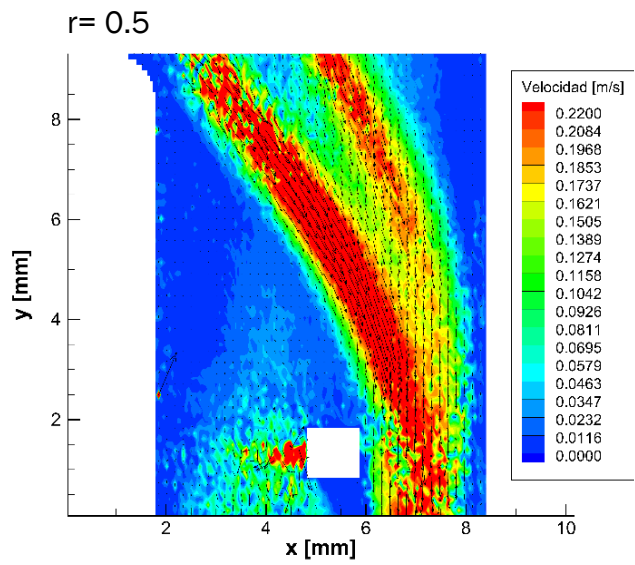
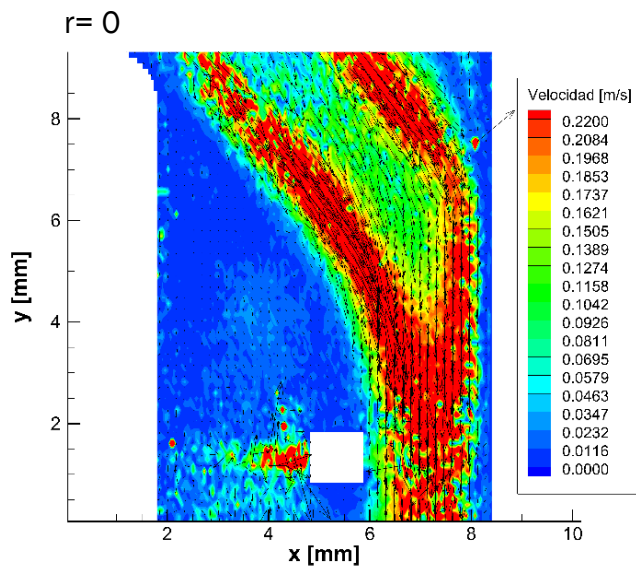
r	Q2 (ml/min)	P1 (Pa)	P2 (Pa)	P3 (Pa)	Re2	Re3
0.58	72.4	11907	8032	8392	34.8	67.0
0.5	64	11907	8007	8392	30.8	71.6
1	101.7	12103	8007	8392	48.9	51.1
1.5	118.6	12907	8032	8387	57.0	41.9
Inf	197.4	12103	8032	8196	94.9	-0.9
0	0	12103	7983	8587	0	106.3

Tabla 14 Discrepancia relaciones de caudal Re= 75 vista 2

r real	r teorico	% Error
0.49	0.50	2.77
1.08	1.00	8.24
1.54	1.50	2.61

Tabla 15 Propiedades del procesado de las imágenes Re= 75 vista 2

Tamaño de la zona estudio (pix)	2048 x 1580
Tamaño de la zona estudio (mm)	15.16 x 11.7
Área de interrogación (pix)	16 x 32
Área de interrogación (mm)	0.118 x 0.236
Diámetros (mm): D <sub>1</sub> / D <sub>2</sub> / D <sub>3</sub>	6,6 / 5,2 / 4,6
Factor de escala	0.620
Reynolds del conducto 1	75
Caudal 1 (ml/min)	195,656
Temperatura (°C)	24,1
Energía láser	6,7 - 7,2
Tiempo entre disparos (µs)	115
Overlap (%)	25



## 2.3 Re= 35

Tabla 16 Datos caudales y presiones Re= 35 vista 2

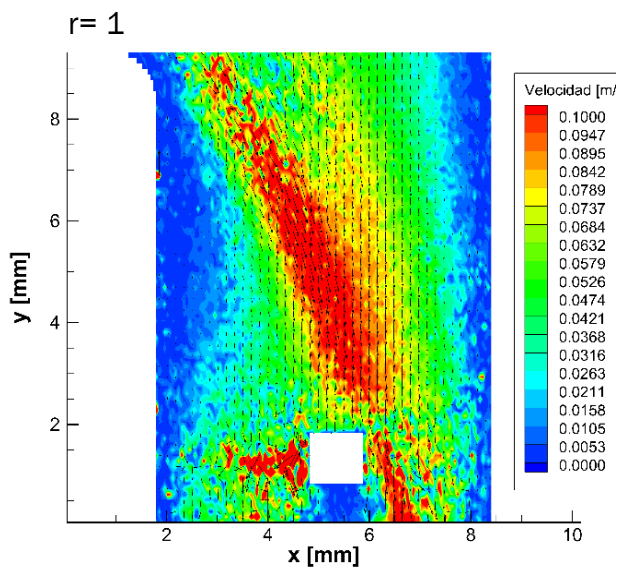
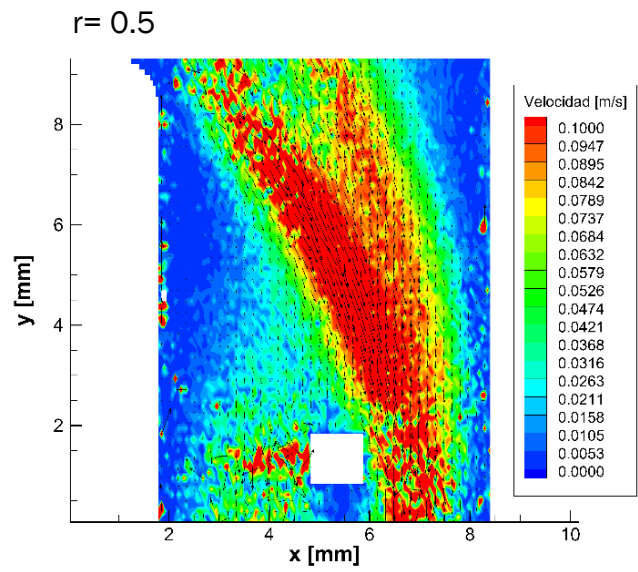
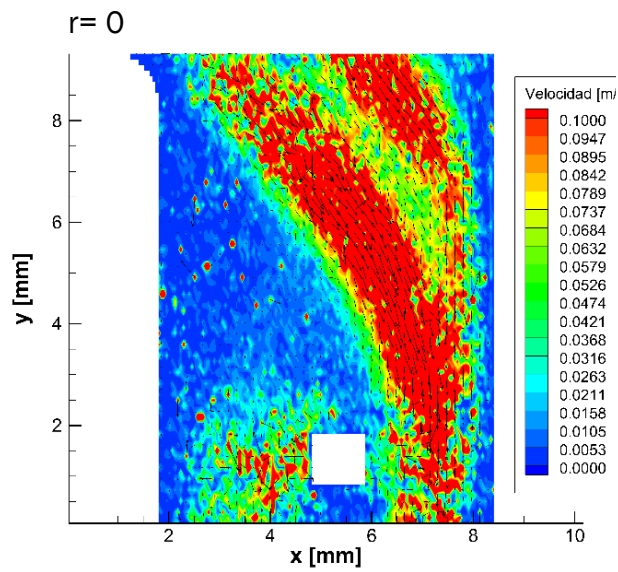
r	Q2 (ml/min)	P1 (Pa)	P2 (Pa)	P3 (Pa)	Re2	Re3
0.52	30.8	11517	7568	8001	14.8	32.5
0.5	-	-	-	-	-	-
1	47.6	11517	7568	8196	22.9	23.4
1.5	55.1	11712	7568	8116	26.5	19.3
Inf	104.2	11712	7541	7806	50.1	-7.4
0	0	11517	7568	8001	0	49.3

Tabla 17 Discrepancia relación de caudal Re= 35 vista 2

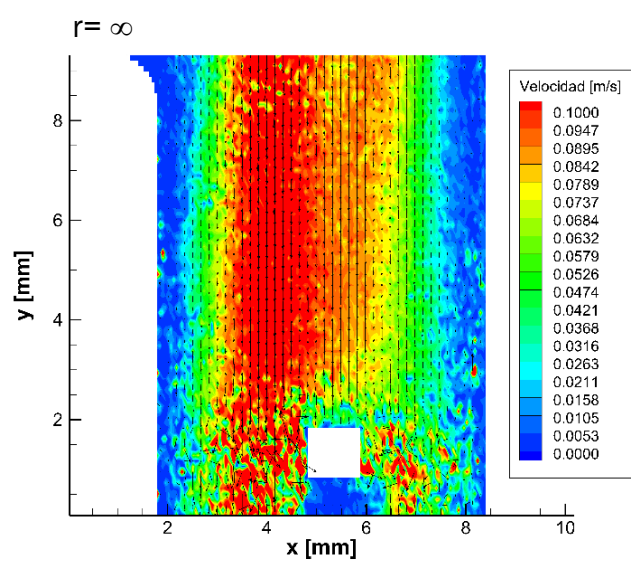
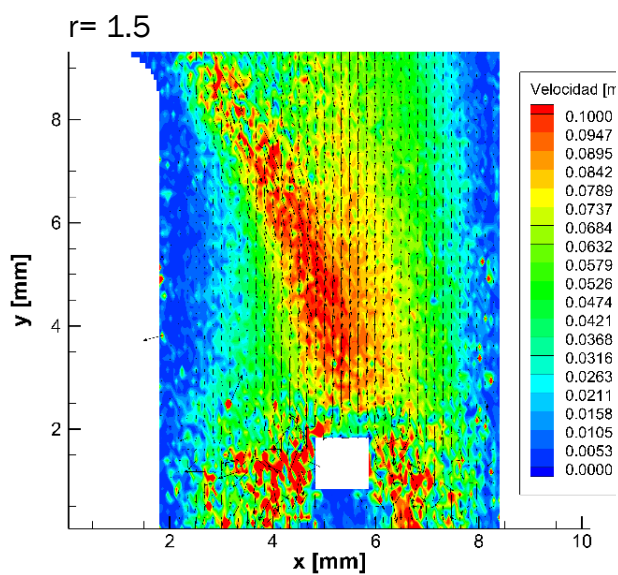
r real	r teorico	% Error
0.51	0.50	2.91
1.11	1.00	10.55
1.55	1.50	3.31

Tabla 18 Propiedades de procesamiento de las imágenes Re= 35 vista 2

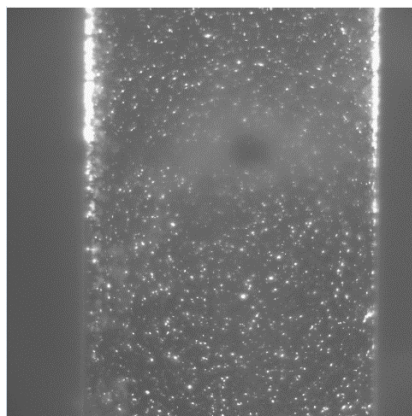
Tamaño de la zona estudio (pix)	2048 x 1580
Tamaño de la zona estudio (mm)	15.16 x 11.7
Área de interrogación (pix)	16 x 32
Área de interrogación (mm)	0.118 x 0.236
Diámetros (mm): D <sub>1</sub> / D <sub>2</sub> / D <sub>3</sub>	6,6 / 5,2 / 4,6
Factor de escala	0.620
Reynolds del conducto 1	35
Caudal 1 (ml/min)	90,656
Temperatura (°C)	24,1
Energía láser	6,7 - 7,2
Tiempo entre disparos (µs)	245
Overlap (%)	25



La relación de caudales que se tiene para las dos válvulas abiertas es 0.5, por lo que se ha realizado una medida menos.



### 3 Vista 3



#### 3.1 Re= 110

Tabla 19 Datos de caudales y presiones Re= 110 vista 3

r	Q2 (ml/min)	P1 (Pa)	P2 (Pa)	P3 (Pa)	Re2	Re3
0.66	116.1	13860	9643	10345	55.8	96.0
0.5	97.7	13860	9619	10540	47.0	106.0
1	147.3	13860	9668	10345	70.8	79.0
1.5	177.6	13860	9619	10150	85.4	62.5
Inf	285.3	13665	9669	9954	137.2	4.0
0	0	292.656	13665	9619	10150	0

Tabla 20 Discrepancia relaciones de caudal Re= 110 vista 3

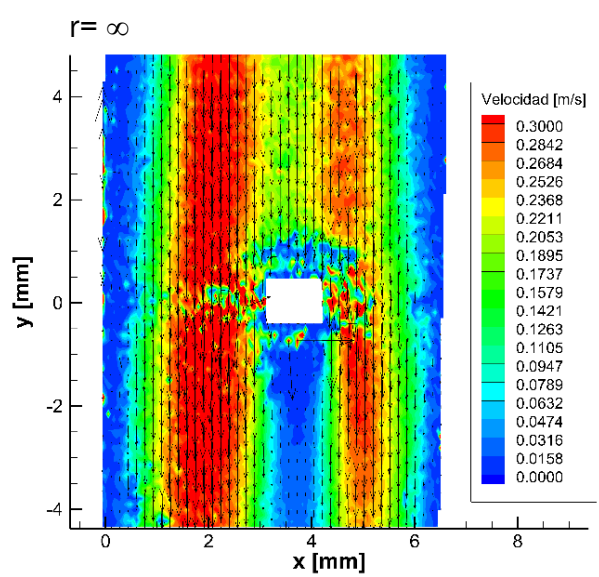
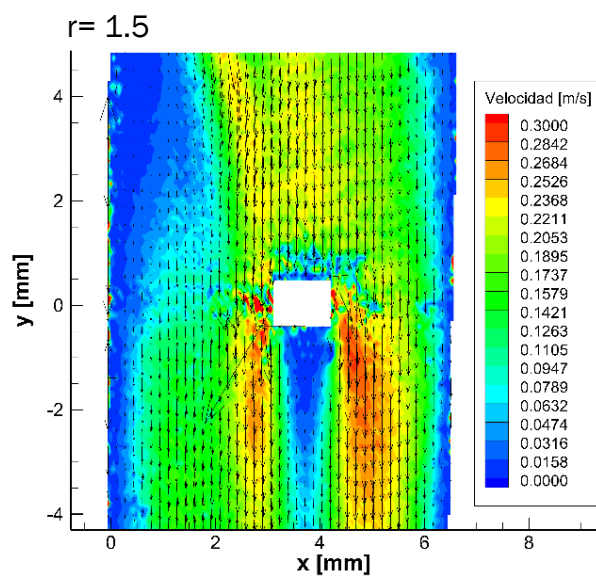
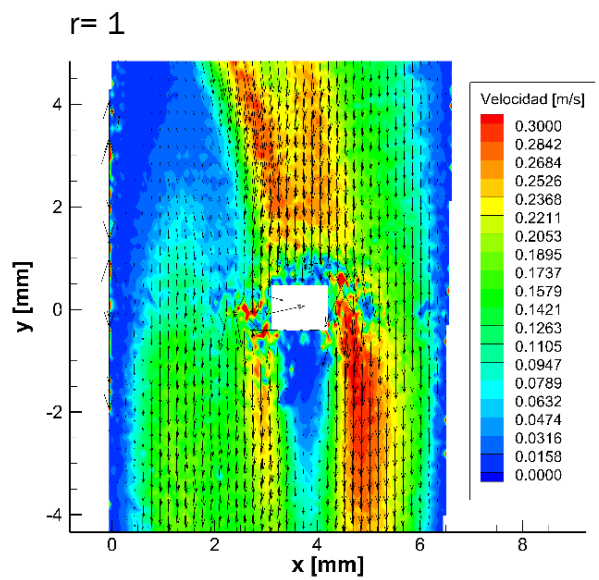
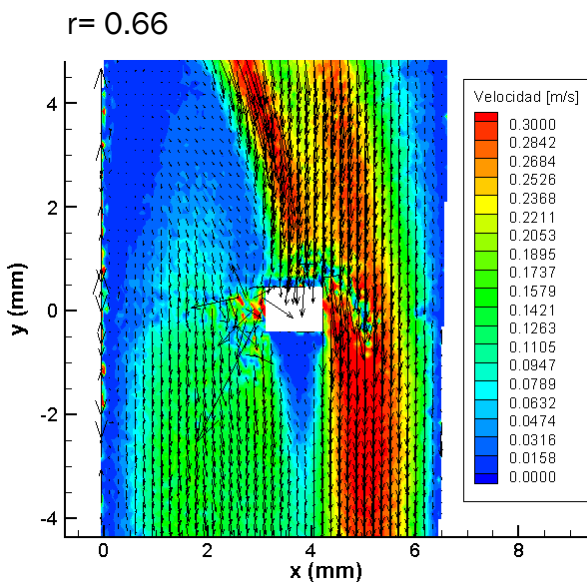
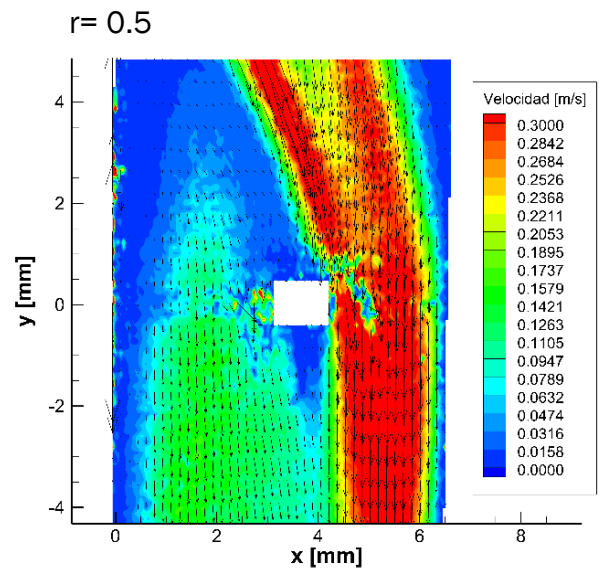
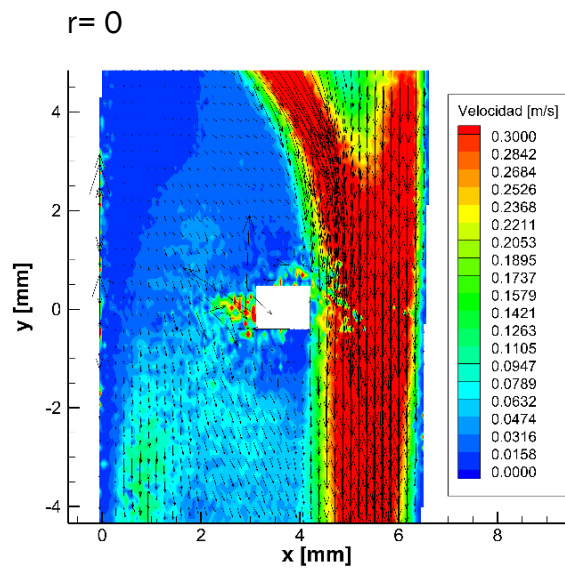
r real	r teorico	% Error
0.50	0.50	0.23
1.01	1.00	1.34
1.54	1.50	2.91

Tabla 21 Propiedades de procesamiento de las imágenes Re= 110 vista 3

Tamaño de la zona estudio (pix)	2048 x 1447
Tamaño de la zona estudio (mm)	15.16 x 10.7
Área de interrogación (pix)	16 x 32
Área de interrogación (mm)	0.118 x 0.236
Diámetros (mm): D <sub>1</sub> / D <sub>2</sub> / D <sub>3</sub>	6,6 / 5,2 / 4,6
Factor de escala	0,619
Reynolds del conducto 1	110

Caudal 1 (ml/min)	292,656
Temperatura (°C)	24,1
Energía láser	7,2 – 7,8
Tiempo entre disparos (µs)	75
Overlap (%)	25





### 3.2 Re= 75

Tabla 22 Datos caudales y presiones Re= 75 vista 3

r	Q2 (ml/min)	P1 (Pa)	P2 (Pa)	P3 (Pa)	Re2	Re3
0.655	77.4	13079	9033	9759	37.2	64.3
0.5	64.5	13275	9008	9759	31.0	71.3
1	100.7	13275	9033	9759	48.4	51.6
1.5	118.1	13275	9082	9759	56.8	42.2
Inf	206.4	13079	9082	9564	99.2	-5.8
0	0	13079	8960	9759	0.0	106.3

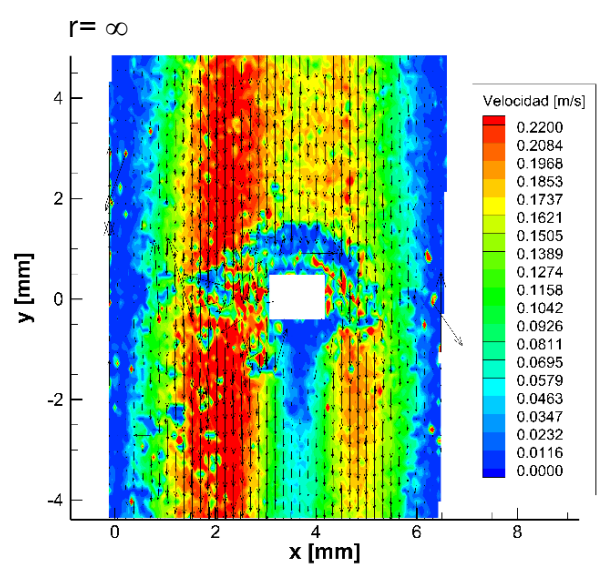
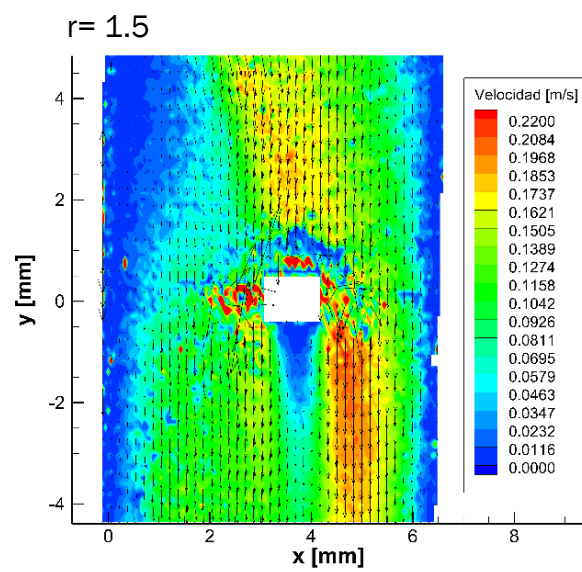
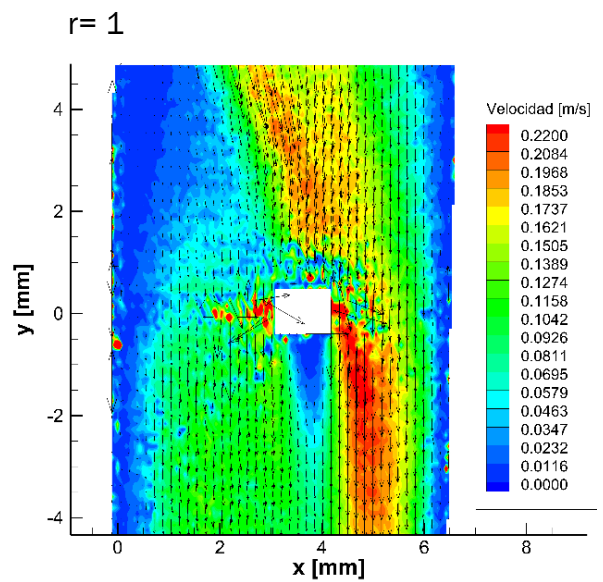
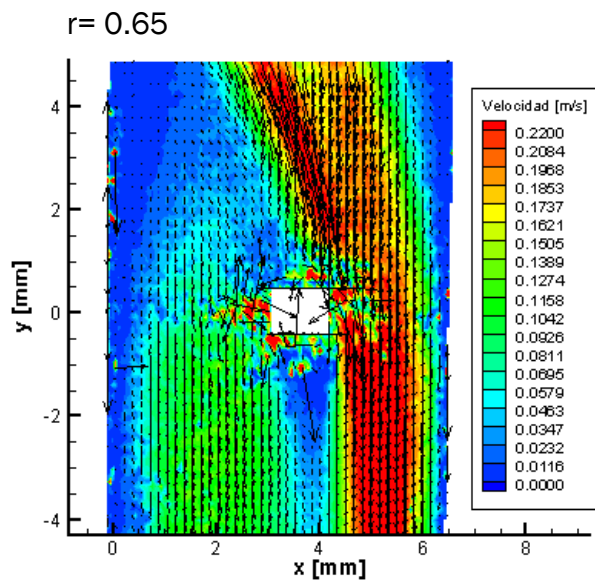
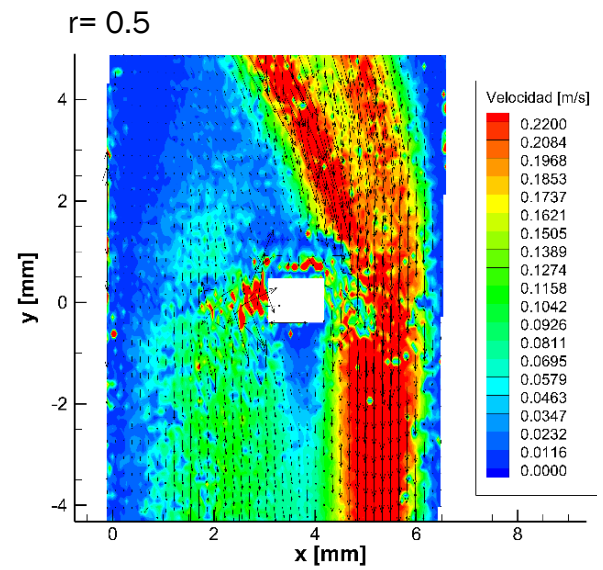
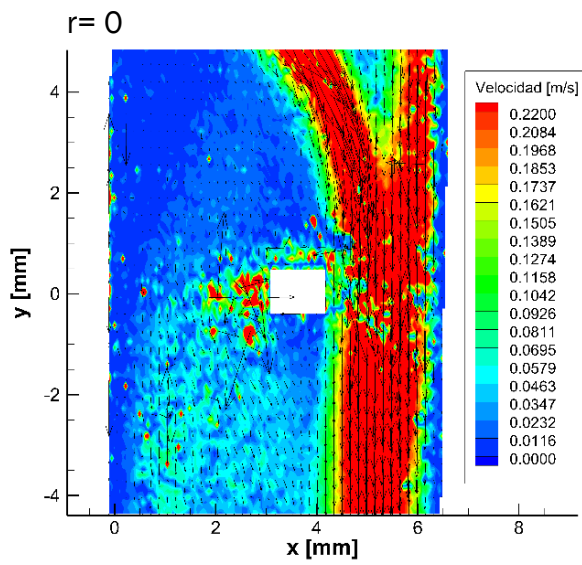
Tabla 23 Discrepancias relaciones de caudal Re= 75 vista 3

r real	r teorico	% Error
0.49	0.50	1.64
1.06	1.00	6.05
1.52	1.50	1.52

Tabla 24 Propiedades procesado de las imágenes Re= 35 vista 3

Tamaño de la zona estudio (pix)	2048 x 1447
Tamaño de la zona estudio (mm)	15.16 x 10.7
Área de interrogación (pix)	16 x 32
Área de interrogación (mm)	0.118 x 0.236
Diámetros (mm): D <sub>1</sub> / D <sub>2</sub> / D <sub>3</sub>	6,6 / 5,2 / 4,6
Factor de escala	0,619
Reynolds del conducto 1	75
Caudal 1 (ml/min)	195,656
Temperatura (°C)	24,1
Energía láser	7,2 - 7,8
Tiempo entre disparos (µs)	115
Overlap (%)	25





### 3.3 Re= 35

Tabla 25 Datos de caudales y presiones Re= 35 vista 3

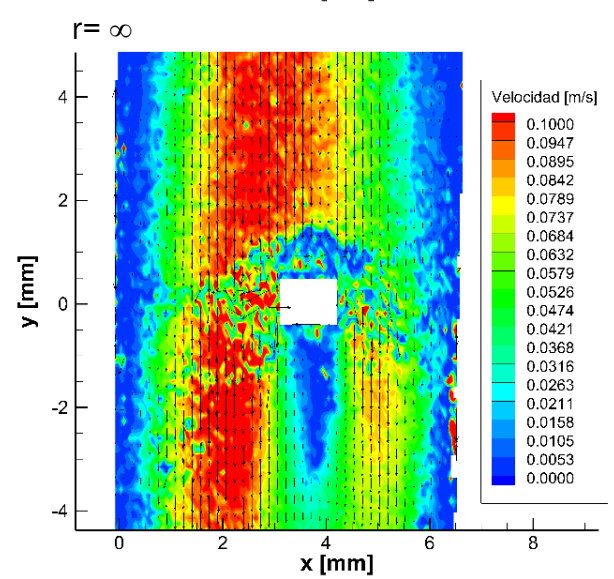
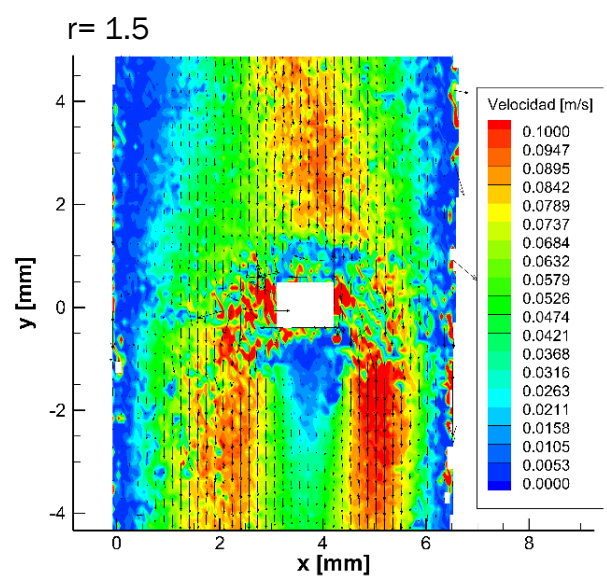
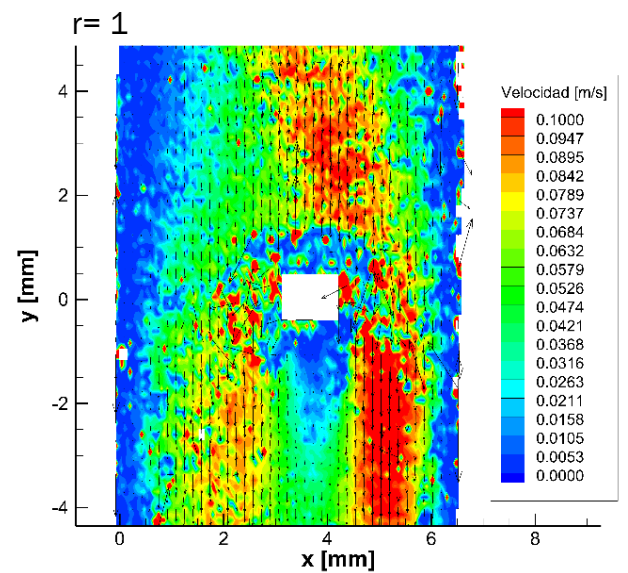
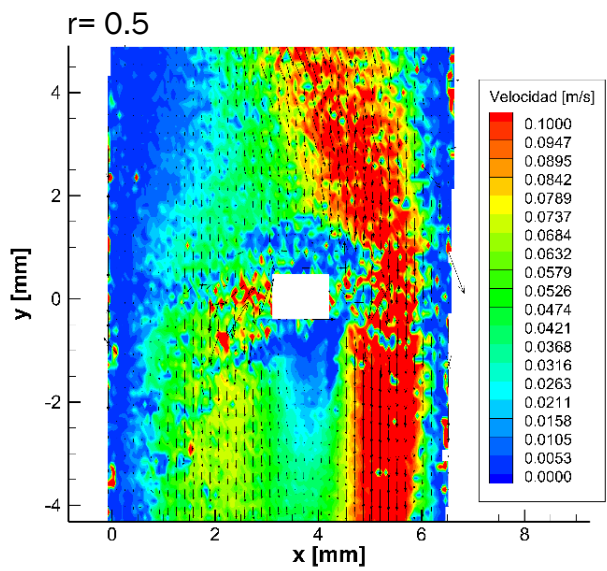
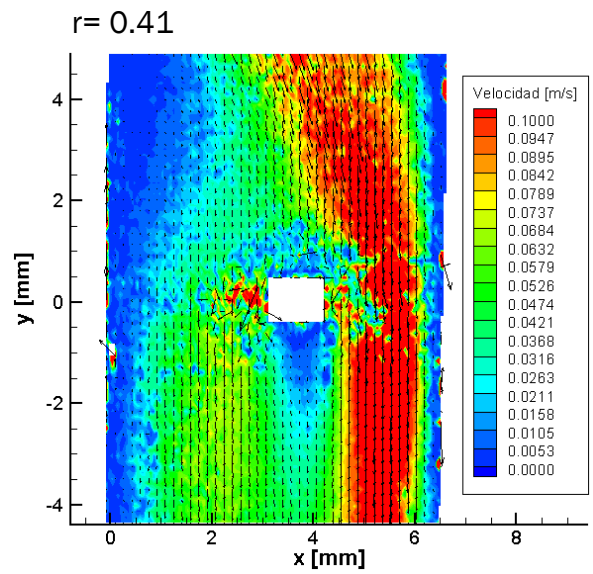
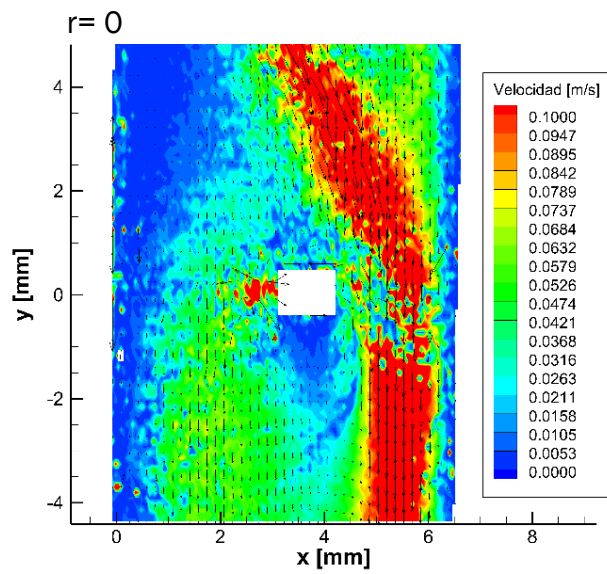
r	Q2 (ml/min)	P1 (Pa)	P2 (Pa)	P3 (Pa)	Re2	Re3
0.41	26.3	12884	8471	9368	12.6	35.0
0.5	30.3	12689	8471	9173	14.6	32.8
1	46.1	13689	8471	9173	22.2	24.2
1.5	55.1	12884	8471	9173	26.5	19.3
Inf	101.7	12884	8471	8978	48.9	-6.0
0	0	12884	8447	9173	0	49.3

Tabla 26 Discrepancia relaciones de caudal Re= 35 vista 3

r real	r teorico	% Error
0.50	0.50	0.40
1.03	1.00	3.47
1.55	1.50	3.31

Tabla 27 Propiedades del procesamiento de las imágenes Re= 35 vista 3

Tamaño de la zona estudio (pix)	2048 x 1447
Tamaño de la zona estudio (mm)	15.16 x 10.7
Área de interrogación (pix)	16 x 32
Área de interrogación (mm)	0.118 x 0.236
Diámetros (mm): D <sub>1</sub> / D <sub>2</sub> / D <sub>3</sub>	6,6 / 5,2 / 4,6
Factor de escala	0,619
Reynolds del conducto 1	35
Caudal 1 (ml/min)	90.656
Temperatura (°C)	24,1
Energía láser	7,2 - 7,8
Tiempo entre disparos (μs)	245
Overlap (%)	25



## 4 Análisis de torbellinos

En este apartado se adjuntan todos los resultados recogidos para el estudio de los torbellinos. Así como también se añaden los datos recogidos de planos paralelos con el que se intenta caracterizar el torbellino tridimensional.

Para un correcto análisis de los torbellinos son necesarios dos tiempos de disparo diferentes, uno para cada zona considerada, de forma que se pueda captar correctamente el torbellino cuya velocidad es menor.

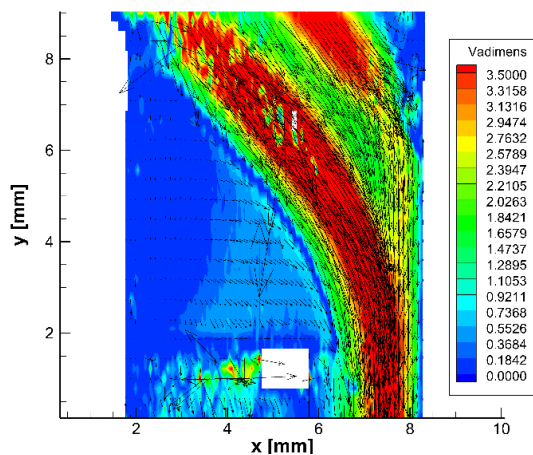
- Tiempo de disparos 1. Tiempo entre disparos aplicado al flujo principal.
- Tiempo de disparos 2. Tiempo entre disparos considerado para el torbellino.

### 4.1 Vista 2

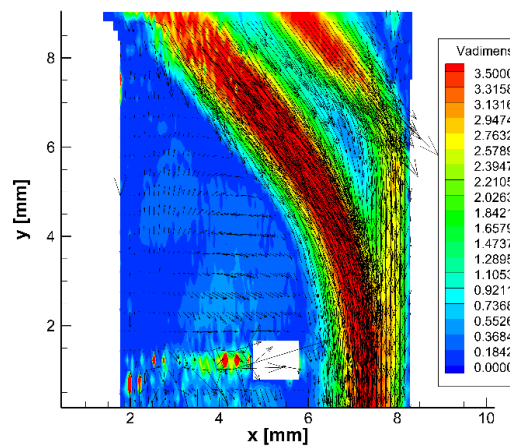
Tabla A3. 1 Datos de procesado de las medidas recogidas para el torbellino en la vista 2

Tamaño de la zona estudio (pix)	2048 x 1580
Tamaño de la zona estudio (mm)	15,16 x 11,7
Área de interrogación (pix)	16 x 64
Área de interrogación (mm)	0,118 x 0,472
Diámetros (mm): D <sub>1</sub> / D <sub>2</sub> / D <sub>3</sub>	6,6/ 5,2/ 4,6
Factor de escala	0.611
Relación de caudales	0
Temperatura (°C)	25
Energía láser	6,7 - 7,2
Overlap (%)	25
Re <sub>1</sub> 35	
Caudal (ml/min)	90,656
Tiempo entre disparos 1 (µs)	250
Tiempo entre disparos 2 (µs)	750
Re <sub>1</sub> 75	
Caudal (ml/min)	195,656
Tiempo entre disparos 1 (µs)	114
Tiempo entre disparos 2 (µs)	250
Re <sub>1</sub> 110	
Caudal (ml/min)	292,656
Tiempo entre disparos 1 (µs)	76
Tiempo entre disparos 2 (µs)	125

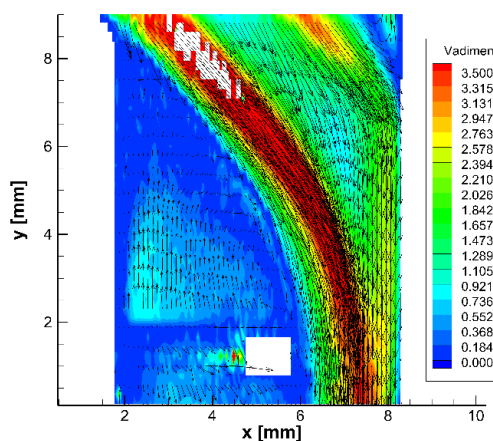
Re= 35



Re= 75



Re= 110



## 4.2 Vista 3

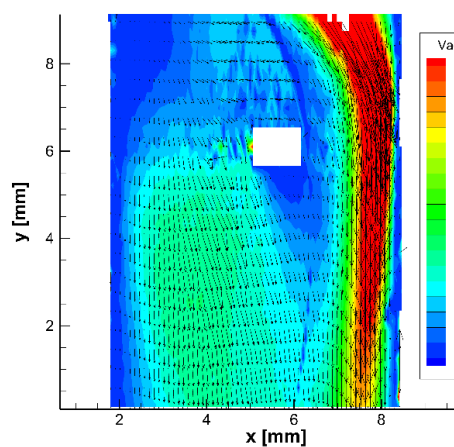
Tabla A3.2 Datos de procesamiento de las medidas recogidas para el torbellino en la vista 3

Tamaño de la zona estudio (pix)	2048 x 1447
Tamaño de la zona estudio (mm)	15.16 x 10.7
Área de interrogación (pix)	16 x 64
Área de interrogación (mm)	0,118 x 0,472
Diámetros (mm): D <sub>1</sub> / D <sub>2</sub> / D <sub>3</sub>	6,6/ 5,2/ 4,6
Factor de escala	0.611
Relación de caudales	0
Temperatura (°C)	25

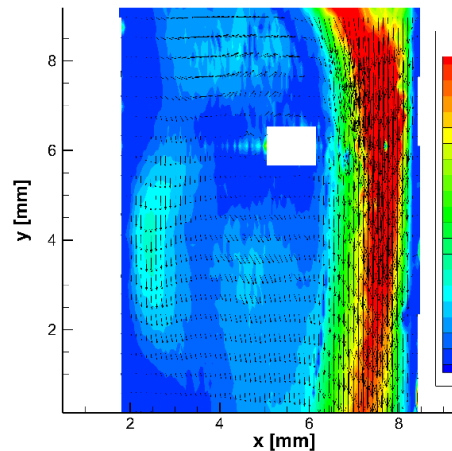


Energía láser	6,7 – 7,2
Overlap (%)	25
Re <sub>1</sub> 35	
Caudal (ml/min)	90,656
Tiempo entre disparos 1 (μs)	250
Tiempo entre disparos 2 (μs)	750
Re <sub>1</sub> 75	
Caudal (ml/min)	195,656
Tiempo entre disparos 1 (μs)	115
Tiempo entre disparos 2 (μs)	250
Re <sub>1</sub> 110	
Caudal (ml/min)	292,656
Tiempo entre disparos 1 (μs)	75
Tiempo entre disparos 2 (μs)	125

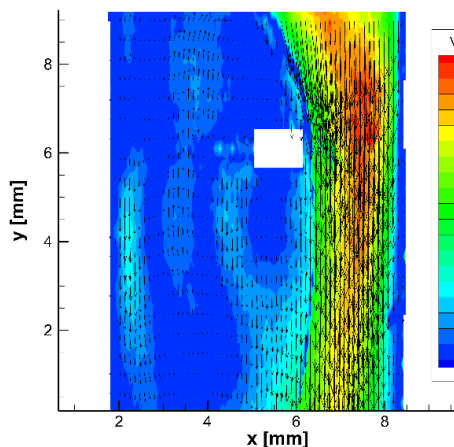
Re= 35



Re= 75



Re= 110



## Anejo 2. Resultados complementarios al capítulo 5

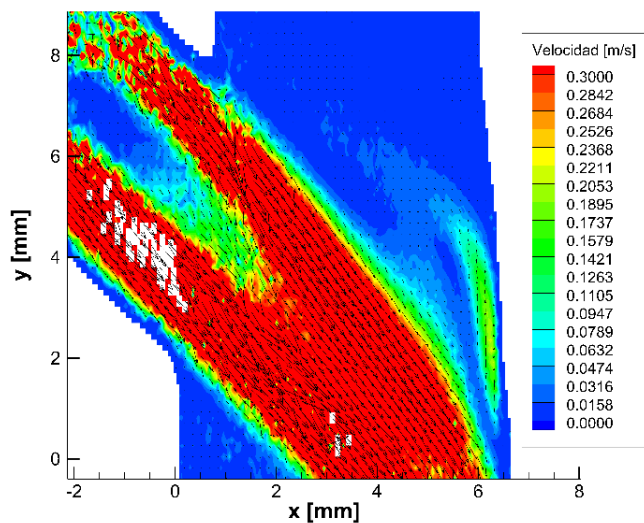
Este anejo sirve como apoyo para el análisis que se realiza en el capítulo 5 en el que no se pueden añadir todas las figuras.

Las características de procesamiento de cada una de las imágenes de este anejo pueden encontrarse en el anejo 1 en el que se muestran todas las medidas realizadas. La diferencia del presente anejo con el Anejo 1 radica en que en este las medidas que se tienen para las tres vistas se han ordenado consecutivamente para cada  $r$  y  $Re$ .

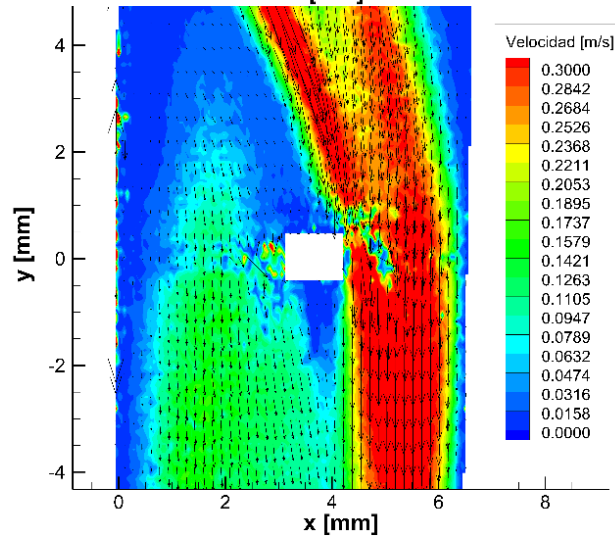
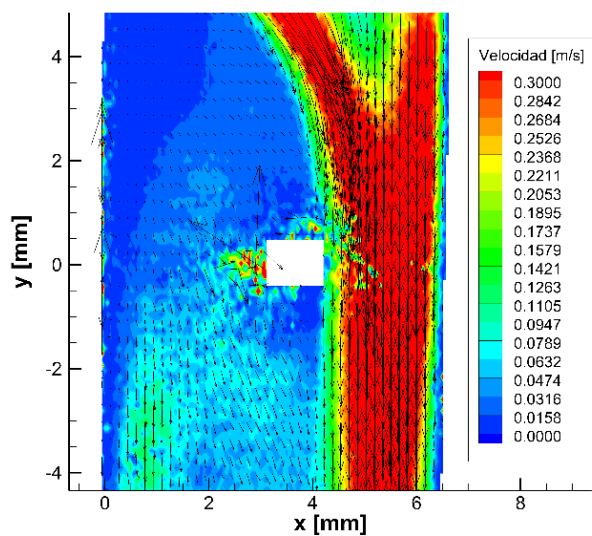
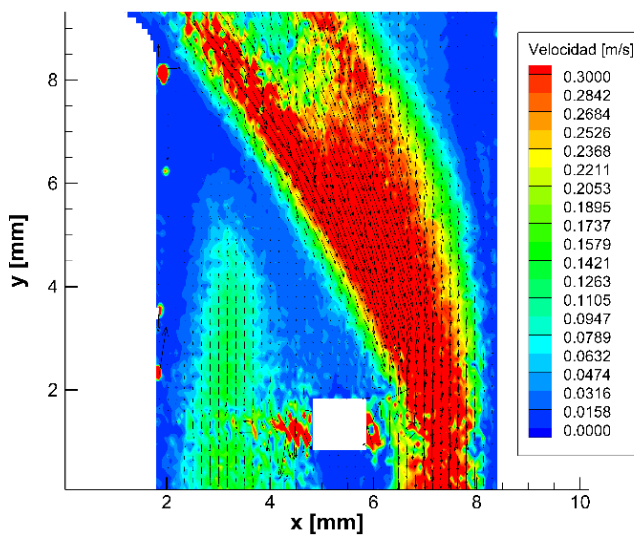
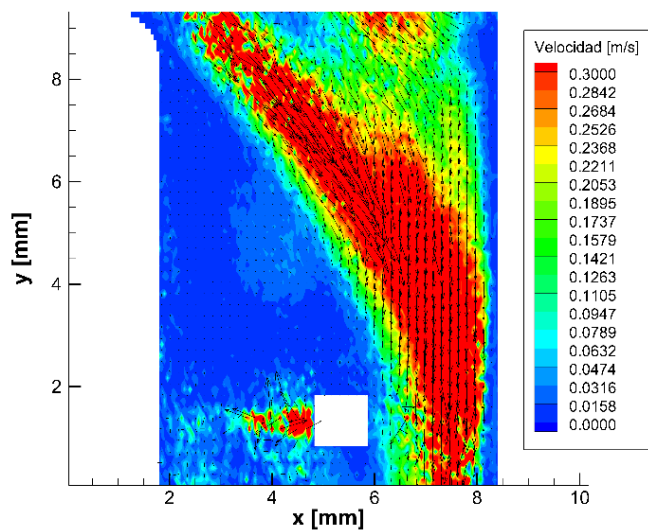
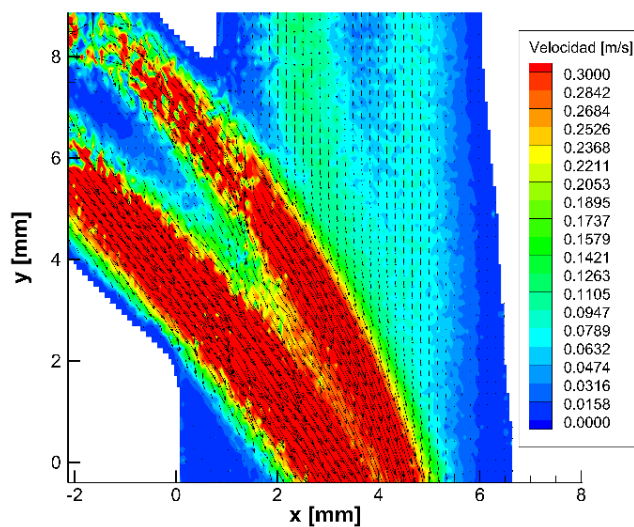
A continuación, se adjunta un montaje con las tres vistas juntas para cada número de Reynolds considerado y para todas las relaciones de caudal. El objetivo de esta representación es facilitar un análisis completo del modelo considerando todas las vistas juntas para buscar una continuidad en las medidas realizadas.

# 1 Re= 110

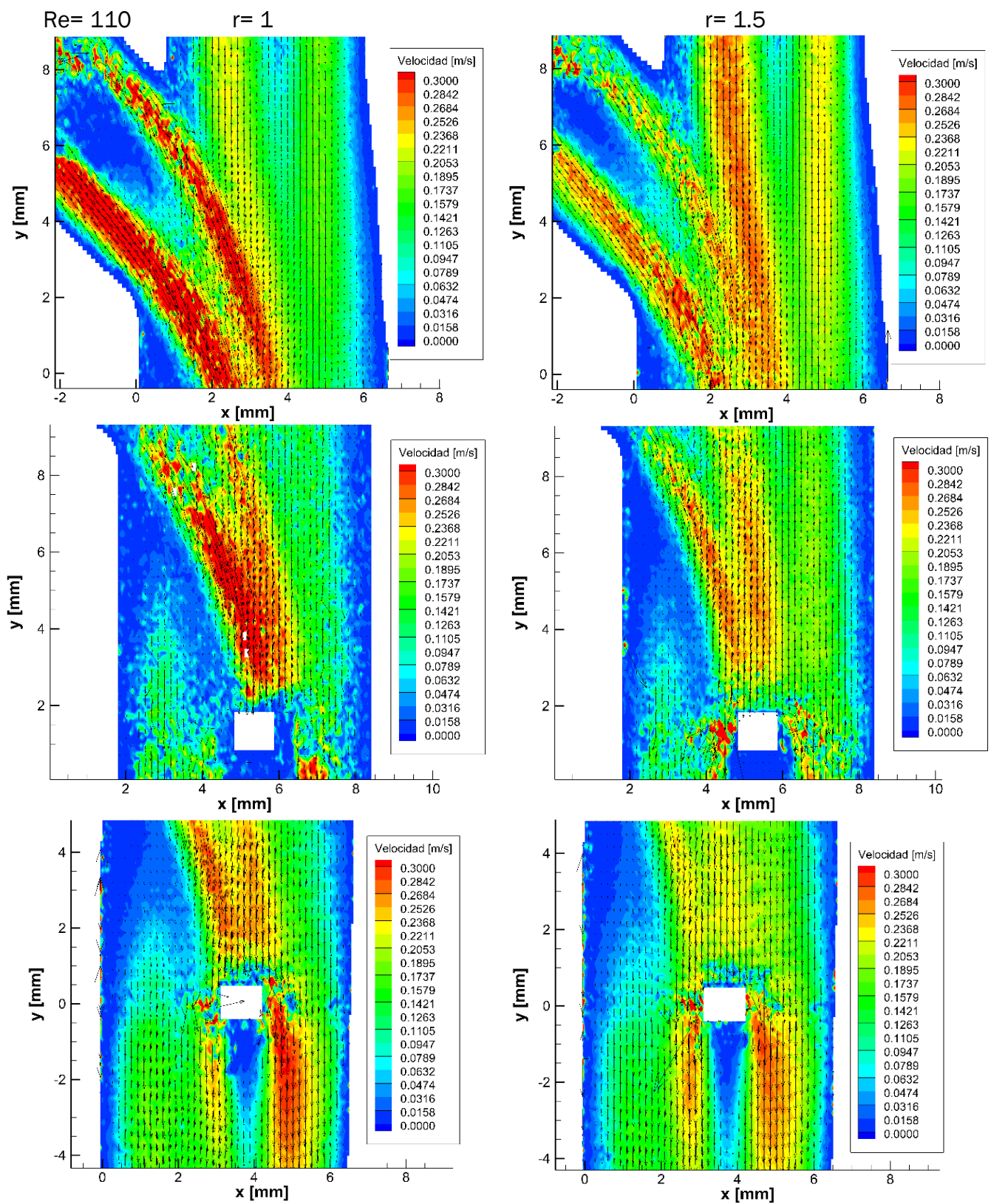
Re= 110 r= 0

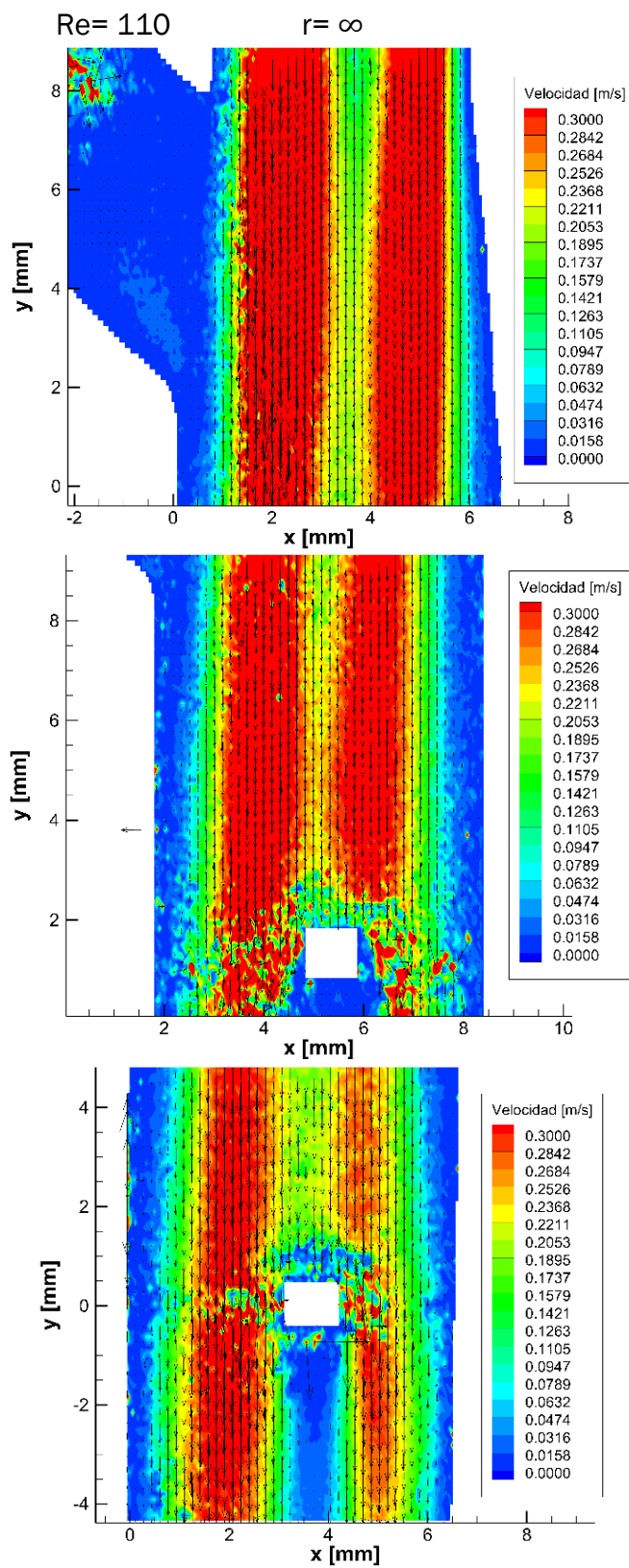


r= 0.5

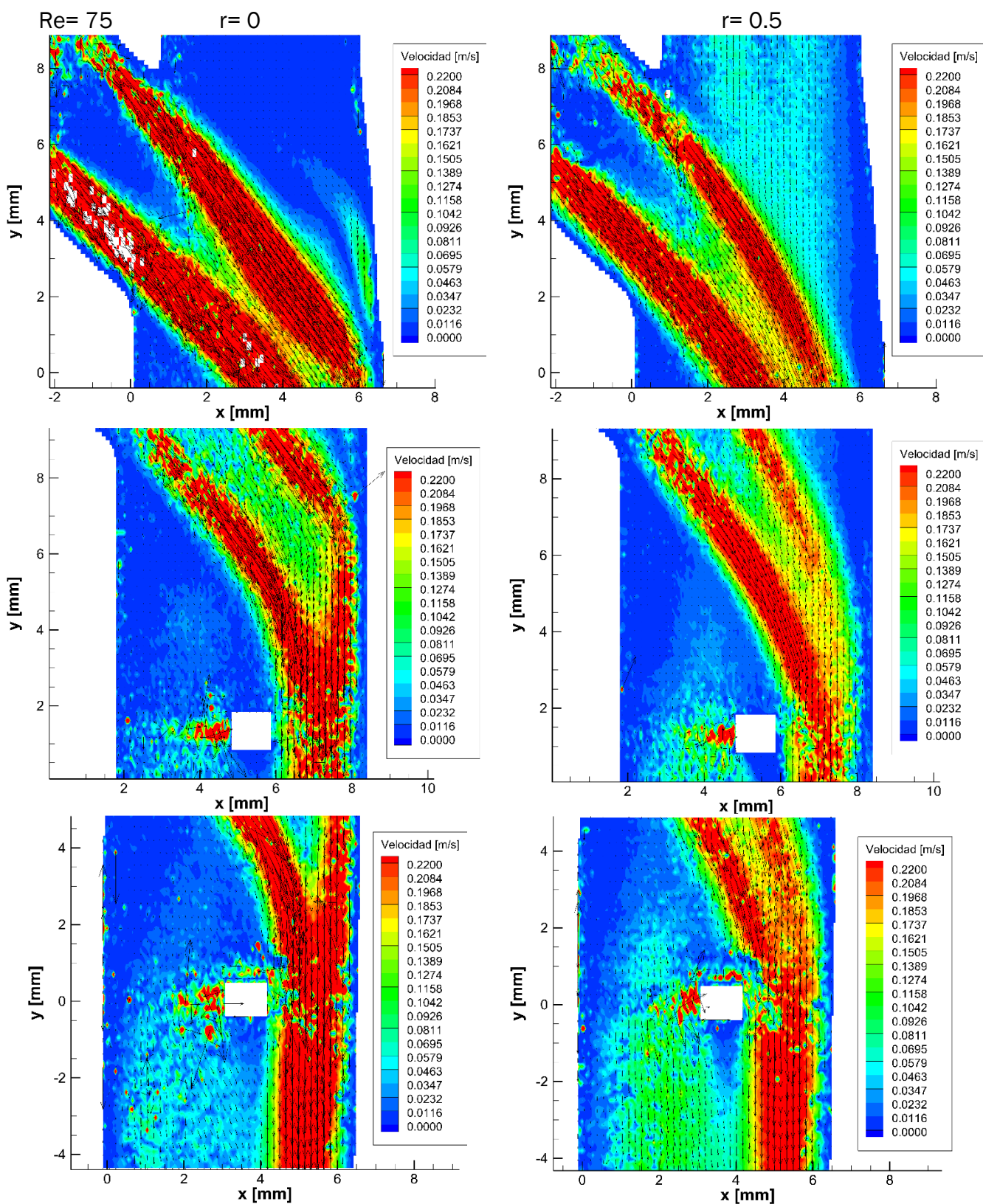




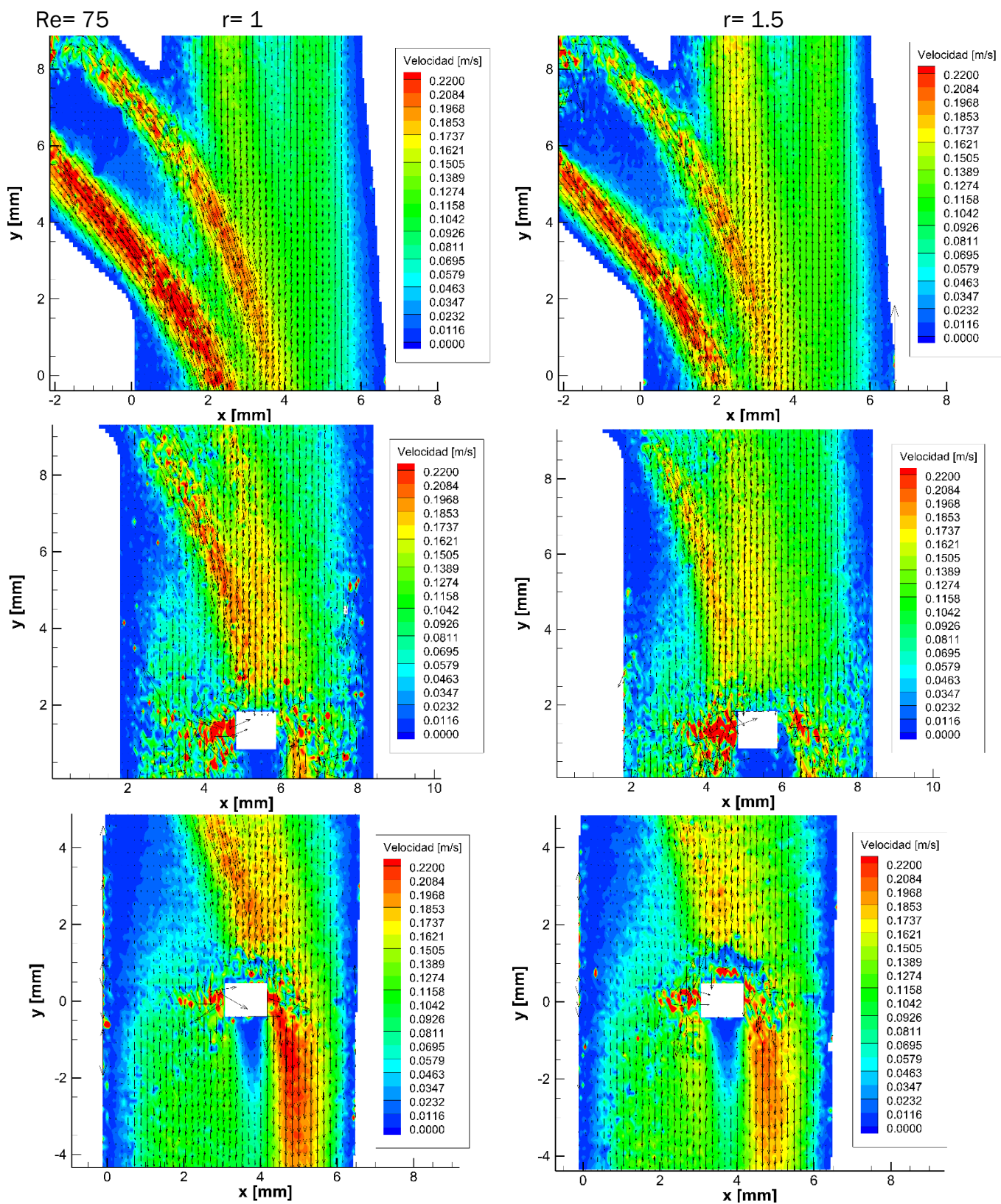


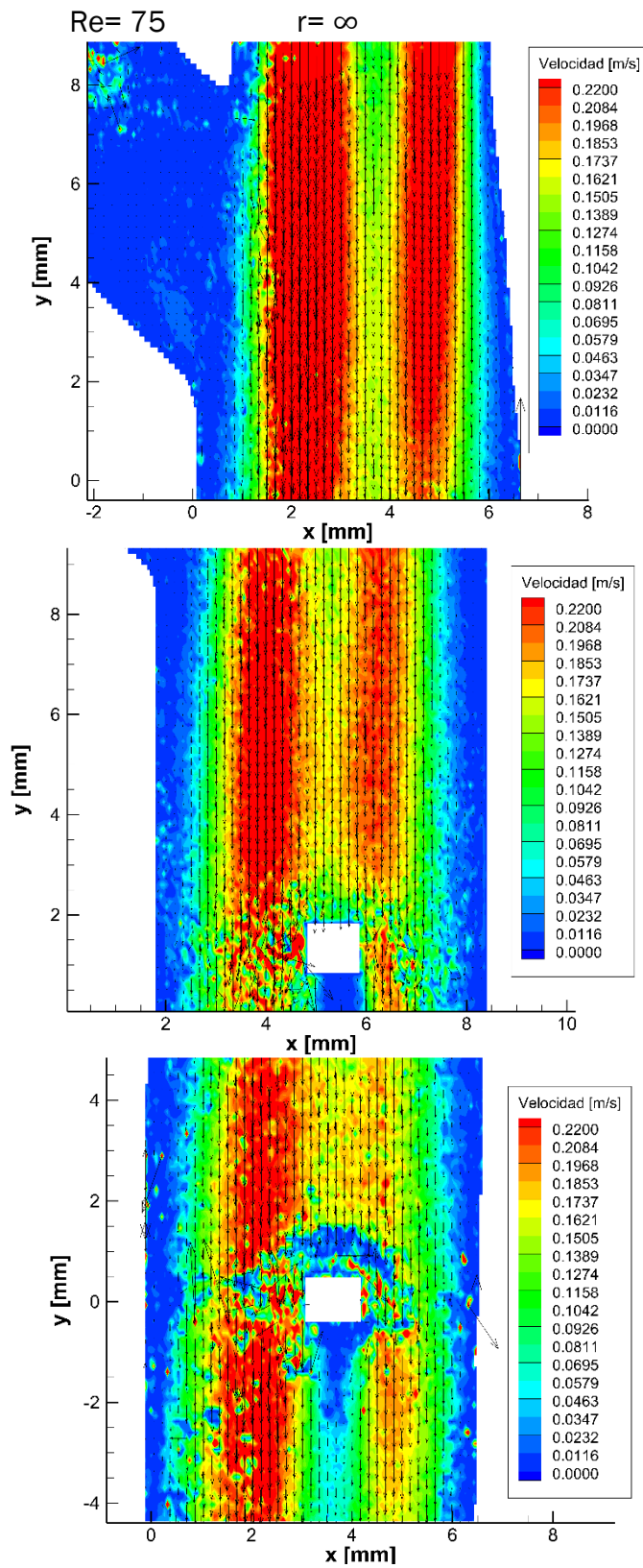


## 2 Re= 75









### 3 Re= 35

