

Índice general

Índice de figuras	ix
Índice de tablas	xiii
Lista de términos	xv
Agradecimientos	xvii
Resumen	xix
Resum	xxi
Abstract	xxiii
1. Introducción	1
1.1. Trabajos previos sobre medida de la velocidad	2
1.1.1. Revisión de los trabajos previos	2
1.1.2. Conclusiones	5
1.2. Trabajos previos sobre barreras ópticas de gran área de medida	5
1.2.1. Revisión de los trabajos previos	6
1.2.2. Conclusiones	7
1.3. Trabajos previos sobre la medida de la velocidad de rotación . .	8
1.3.1. Revisión de los trabajos previos	8
1.3.2. Conclusiones	11
1.4. Trabajos previos sobre la medida de coeficientes aerodinámicos	12
1.4.1. Túneles de viento	12
1.4.2. Revisión de los trabajos previos	14
1.4.3. Conclusiones	17
1.5. Objetivos	18
1.6. Estructura de la tesis	19

2. Aerodinámica de un objeto esférico	21
2.1. Principios básicos	21
2.2. Efecto Magnus	28
2.3. Ecuaciones del movimiento	31
2.4. Reducción de la velocidad de rotación por rozamiento	36
2.5. Coeficientes aerodinámicos	37
2.6. Particularización para balones de fútbol	38
2.6.1. Revisión de trabajos existentes	38
2.6.2. Conclusiones de los trabajos existentes	43
3. Medida de los coeficientes aerodinámicos	45
3.1. Modelo teórico	45
3.2. Causas de error en la medida	46
3.3. Algoritmo de cálculo	47
3.4. Validación del modelo mediante simulación	48
4. Medida de la velocidad de rotación (spin)	57
4.1. Modelo teórico	57
4.2. Causas de error	58
4.3. Algoritmo de cálculo	58
5. Medida de la velocidad	59
5.1. Barrera óptica de gran área de medida	59
5.2. Modelo teórico	60
5.3. Causas de error en la medida	66
5.4. Algoritmo de cálculo	69
5.5. Validación del modelo mediante simulación	72
6. Dispositivo electro-óptico de medida (DEM)	87
6.1. Descripción general del DEM	87
6.2. Hardware	89
6.2.1. Dispositivos electro-ópticos	89
6.2.2. CPU de control	92
6.2.3. Eliminación del efecto de la luz ambiente	93
6.2.4. Alimentación del sistema	95
6.3. Firmware	95
6.3.1. Protocolo de comunicación	96
6.3.2. Procedimiento de captura de datos	100
6.4. Software de Control	102
6.5. Diseño mecánico	104
6.6. Especificaciones técnicas finales del prototipo	105

7. Pruebas experimentales	107
7.1. Descripción de las pruebas	107
7.1.1. Medida de la velocidad	108
7.1.2. Medida de los coeficientes aerodinámicos	108
7.1.3. Medida de la velocidad de rotación	109
7.2. Procedimiento de prueba	110
7.3. Equipo y escenario empleado	111
7.4. Resultados de las pruebas	111
7.4.1. Medida de la velocidad	112
7.4.2. Medida de coeficientes aerodinámicos	114
7.4.3. Medida de la velocidad de rotación	120
8. Conclusiones	125
8.1. Contribuciones	125
8.2. Difusión del trabajo de investigación	126
8.3. Trabajos futuros	127
Bibliografía	128
A. Código simulación Matlab	135
B. Datos de los ensayos	153

