

## CONTENIDO

<a href="#">RESUMEN</a> .....	I
<a href="#">AGRADECIMIENTOS</a> .....	III
<a href="#">CONTENIDO</a> .....	IV
<a href="#">LISTA DE ILUSTRACIONES</a> .....	VIII
<a href="#">LISTA DE TABLAS</a> .....	XIV
<a href="#">ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS</a> .....	XVII
<a href="#">Símbolos Romanos</a> .....	XVII
<a href="#">Símbolos Griegos</a> .....	XVIII
<a href="#">Abreviaturas</a> .....	XVIII
<a href="#">INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN</a> .....	XXI
<a href="#">OBJETIVOS</a> .....	1
<a href="#">Objetivo General</a> .....	1
<a href="#">Objetivos Específicos</a> .....	1
<a href="#">A. MARCO TEÓRICO</a> .....	2
<a href="#">A.1. Conceptos y técnicas para el desarrollo del estudio</a> .....	3
<a href="#">A.1.1. Definición y conceptos de la contaminación atmosférica</a> .....	4
<a href="#">A.1.1.1. Contaminantes primarios y secundarios</a> .....	8
<a href="#">A.1.1.2. La influencia de la meteorología</a> .....	8
<a href="#">A.1.1.3. La red de control de la contaminación atmosférica en Valencia</a> .....	9
<a href="#">A.1.2. Marco legal y regulación</a> .....	10
<a href="#">A.1.2.1. Normativa vigente</a> .....	10
<a href="#">A.1.2.2. Necesidad y objetivos de un Plan Nacional de Mejora de la Calidad del Aire</a> .....	11
<a href="#">A.1.2.3. Otra legislación de aplicación</a> .....	12
<a href="#">A.1.3. Situación actual de la contaminación del aire en España</a> .....	15
<a href="#">A.1.3.1. Dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>)</a> .....	16
<a href="#">A.2. Necesidades y modelos en el estudio de la calidad del aire</a> .....	17
<a href="#">A.3. Modelos CFD</a> .....	18
<a href="#">A.3.1. Simulación y modelado de flujos turbulentos</a> .....	18
<a href="#">A.3.2. Métodos computacionales en la CFD</a> .....	19
<a href="#">A.3.3. Ecuaciones fundamentales</a> .....	20
<a href="#">A.3.4. Características de los flujos turbulentos</a> .....	22
<a href="#">A.3.5. Necesidad de metodologías para la validación</a> .....	23
<a href="#">A.3.6. Uso de las CFD en el sector ambiental</a> .....	24
<a href="#">A.3.7. Extracción de perfiles del doble promediado</a> .....	26
<a href="#">A.4. Sistemas de adquisición de datos</a> .....	26
<a href="#">A.4.1. Estructura de un DAS cableado</a> .....	28
<a href="#">A.5. Comunicaciones en campo</a> .....	29
<a href="#">A.5.1. Jerarquización en las comunicaciones en campo</a> .....	30
<a href="#">A.5.2. Topologías de red</a> .....	31
<a href="#">A.5.2.1. Topología física</a> .....	31
<a href="#">A.5.2.1.1. Punto a punto</a> .....	31
<a href="#">A.5.2.1.2. Bus</a> .....	32
<a href="#">A.5.2.1.3. Estrella</a> .....	32

A.5.2.1.4.	<a href="#">Anillo</a> .....	33
A.5.2.1.5.	<a href="#">Malla</a> .....	33
A.5.2.2.	<a href="#">Topología lógica</a> .....	34
A.5.3.	<a href="#">Buses de campo estandarizados</a> .....	34
A.5.4.	<a href="#">Ethernet Industrial</a> .....	38
A.5.4.1.	<a href="#">Propiedades del sistema de bus</a> .....	38
A.5.4.2.	<a href="#">Protocolos de Ethernet Industrial</a> .....	39
A.5.5.	<a href="#">Bus de campo PROFIBUS</a> .....	39
A.5.5.1.	<a href="#">Protocolo en PROFIBUS para acceso al medio</a> .....	41
A.5.6.	<a href="#">Protocolos serie</a> .....	42
A.5.6.1.	<a href="#">Protocolo FreeASCII</a> .....	43
A.5.6.1.1.	<a href="#">Servicios del Protocolo</a> .....	43
A.5.6.1.2.	<a href="#">Ventajas y desventajas del protocolo FreeASCII</a> .....	44
A.6.	<a href="#">Las WSN</a> .....	44
A.6.1.	<a href="#">Aplicaciones de las WSN</a> .....	45
A.6.2.	<a href="#">WSN para el monitoreo de la medioambiental</a> .....	47
A.6.3.	<a href="#">WSN para el monitoreo de la calidad del aire</a> .....	47
A.6.4.	<a href="#">Uso de las WSN para la validación de modelos CFD</a> .....	48
A.6.5.	<a href="#">Marco técnico de WSN para los casos de estudio</a> .....	48
A.6.5.1.	<a href="#">Red de sensores inalámbricos</a> .....	49
A.6.5.2.	<a href="#">WSN prototipo y comerciales</a> .....	52
A.6.5.3.	<a href="#">Estándares en la comunicación de las WSN</a> .....	56
A.6.5.4.	<a href="#">Sistemas de alimentación</a> .....	58
Baterías tradicionales.....	59	
A.6.5.5.	<a href="#">Punto(s) de acceso de comunicación</a> .....	61
A.6.5.6.	<a href="#">Punto de recepción central</a> .....	62
A.7.	<a href="#">Programación avanzada con Redes de Petri</a> .....	63
A.7.1.	<a href="#">Redes de Petri</a> .....	64
A.7.1.1.	<a href="#">Principales propiedades dinámicas de las PN</a> .....	65
A.7.1.2.	<a href="#">Métodos de análisis de propiedades dinámicas de las PN</a> .....	66
A.7.1.3.	<a href="#">Principales propiedades estáticas de las PN</a> .....	67
A.7.2.	<a href="#">Lenguajes de programación para PLC's</a> .....	67
A.7.3.	<a href="#">Uso de las PN en la programación de PLC's</a> .....	70
<b>B.</b>	<b><a href="#">CASOS DE ESTUDIO</a></b> .....	<b>72</b>
B.1.	<a href="#">Caso justificativo: Medición de variables ambientales mediante instrumentación distribuida</a> .....	72
B.1.1.	<a href="#">Estructura y jerarquía del sistema</a> .....	74
B.1.1.1.	<a href="#">Selección de PROFIBUS DP como bus estándar</a> .....	75
B.1.1.2.	<a href="#">Implementación de PROFIBUS DP</a> .....	77
B.1.1.3.	<a href="#">Pasarela entre buses de campo</a> .....	78
B.1.1.4.	<a href="#">Red RS485 inicial</a> .....	80
B.1.2.	<a href="#">Reconocimiento de tramas de comunicación</a> .....	81
B.1.2.1.	<a href="#">Adaptación del protocolo PROFIBUS a la capa 2</a> .....	84
B.1.2.2.	<a href="#">Reconocimiento del formato de salida de la información</a> .....	85
B.1.3.	<a href="#">Redes de Petri para la programación</a> .....	86
B.1.3.1.	<a href="#">Encapsulado de protocolo ASCII en protocolo PROFIBUS DP</a> .....	86
B.1.3.2.	<a href="#">Realización de la Red de Petri</a> .....	89
B.1.3.2.1.	<a href="#">Especificación informal y formalización</a> .....	89
B.1.3.2.2.	<a href="#">Especificación formal</a> .....	91
B.1.4.	<a href="#">Funciones superiores del sistema</a> .....	93
B.1.5.	<a href="#">Pruebas y resultados</a> .....	94
B.1.5.1.	<a href="#">Verificación y Validación (V&amp;V) de la Red de Petri</a> .....	94
B.1.5.1.1.	<a href="#">Simulación de la Red de Petri</a> .....	95
B.1.5.1.2.	<a href="#">Alcanzabilidad y T-Invariantes de la Red de Petri</a> .....	95
B.1.6.	<a href="#">Implementación</a> .....	98

B.1.6.1.	<a href="#">Modos de operación</a>	98
B.1.6.2.	<a href="#">Manipulación de modos de operación</a>	98
B.1.6.3.	<a href="#">Organización del programa</a>	99
B.1.7.	<a href="#">Datos obtenidos y tiempos</a>	100
B.1.8.	<a href="#">Acoplamiento de otra red serie de anemómetros</a>	102
B.1.9.	<a href="#">Conclusiones del caso</a>	104
B.2.	<a href="#">Dispersión de gases contaminantes en una cámara con ventilación controlada</a>	106
B.2.1.	<a href="#">Especificaciones del espacio</a>	106
B.2.2.	<a href="#">Instrumentación para las pruebas</a>	107
B.2.3.	<a href="#">Calibración de la WSN</a>	108
B.2.3.1.	<a href="#">Montaje experimental</a>	109
B.2.3.2.	<a href="#">Pruebas de caracterización del sensor</a>	110
B.2.3.3.	<a href="#">Resultados de la calibración</a>	110
B.2.4.	<a href="#">Pruebas realizadas</a>	112
B.2.5.	<a href="#">Especificación del caso de estudio</a>	113
B.2.5.1.	<a href="#">Mallado</a>	115
B.2.5.2.	<a href="#">Ubicación de los nodos de la WSN</a>	117
B.2.5.3.	<a href="#">Disposición del modelo</a>	119
B.2.6.	<a href="#">Pruebas y resultados del caso</a>	121
B.2.6.1.	<a href="#">Verificación de la malla</a>	121
B.2.6.2.	<a href="#">Resultados del modelo CFD</a>	124
B.2.6.3.	<a href="#">Calibración del modelo CFD</a>	128
B.2.6.4.	<a href="#">Validación y análisis paramétrico</a>	133
B.2.7.	<a href="#">Conclusiones del caso</a>	136
B.3.	<a href="#">Estudio de la contaminación del tráfico en un ambiente urbano de España</a>	138
B.3.1.	<a href="#">Especificaciones del espacio de estudio</a>	138
B.3.1.1.	<a href="#">Selección de la zona para el caso piloto</a>	139
B.3.1.2.	<a href="#">Selección de ubicación de sensores</a>	144
B.3.2.	<a href="#">Análisis descriptivo de la contaminación en la ciudad de Valencia</a>	146
B.3.2.1.	<a href="#">Caracterización de las estaciones de medida de la contaminación atmosférica del Ayuntamiento de Valencia</a>	146
B.3.2.2.	<a href="#">Análisis por estaciones del Ayuntamiento de Valencia</a>	147
B.3.2.3.	<a href="#">Análisis por contaminantes de las estaciones del Ayuntamiento de Valencia</a>	149
B.3.2.3.1.	<a href="#">Ozono</a>	149
B.3.2.3.2.	<a href="#">Dióxido de Azufre</a>	150
B.3.2.3.3.	<a href="#">Dióxido de Nitrógeno</a>	150
B.3.2.3.4.	<a href="#">Monóxido de Nitrógeno</a>	151
B.3.2.3.5.	<a href="#">Partículas PM10</a>	151
B.3.2.3.6.	<a href="#">Monóxido de Carbono</a>	152
B.3.2.4.	<a href="#">Estimación de los valores de contaminantes atmosféricos en la zona de estudio</a>	152
B.3.2.4.1.	<a href="#">Método AHP de comparación por pares</a>	153
B.3.2.4.2.	<a href="#">Aplicación del método</a>	153
B.3.2.5.	<a href="#">Análisis estadístico de los datos</a>	155
B.3.3.	<a href="#">Uso de la WSN para la obtención de las variables de interés</a>	156
B.3.4.	<a href="#">Análisis estadístico de los valores adquiridos y obtención de modelo previo</a>	159
B.3.5.	<a href="#">Desarrollo del modelo por medio de CFD</a>	171
B.3.5.1.	<a href="#">Software para la simulación y el pos-procesado</a>	172
B.3.5.2.	<a href="#">Técnicas de modelado</a>	172
B.3.5.3.	<a href="#">Experiencias de campo y casos hipotéticos</a>	174
B.3.5.4.	<a href="#">Desarrollo del modelo</a>	179
B.3.6.	<a href="#">Validación de resultados</a>	182
B.3.6.1.	<a href="#">Punto de control</a>	182
B.3.6.2.	<a href="#">Análisis de casos experimentales</a>	183
B.3.6.3.	<a href="#">Análisis de casos ideales (hipotéticos)</a>	189
B.3.6.4.	<a href="#">Parámetros estadísticos</a>	197

<u>B.3.6.5. Perfil VCO doble-promediado</u> .....	198
<u>B.3.6.6. Evolución de VCO para diferentes niveles de emisión</u> .....	199
<u>B.3.7. Conclusiones del caso</u> .....	200
<b><u>CONCLUSIONES GENERALES Y TRABAJO FUTURO</u></b> .....	<b>203</b>
<u>Conclusiones generales</u> .....	203
<u>Trabajo futuro</u> .....	204
<b><u>FUENTES Y BIBLIOGRAFÍA</u></b> .....	<b>205</b>
<b><u>GLOSARIO</u></b> .....	<b>222</b>
<b><u>ANEXO I</u></b> .....	<b>225</b>
<b><u>ANEXO II</u></b> .....	<b>232</b>
<b><u>ANEXO III</u></b> .....	<b>250</b>