

Índice general

1. Introducción y objetivos	13
1.1. Contexto	13
1.2. Objetivo de la tesis	15
1.3. Organización de la tesis	15
2. Contexto sobre simulación de redes de distribución de agua	17
2.1. Modelos matemáticos hidráulicos	17
2.2. Componentes del modelo. Ecuaciones de comportamiento	19
2.3. Ecuaciones de equilibrio en la simulación hidráulica	24
2.4. Simulación en periodo extendido	27
2.5. Métodos de solución del problema hidráulico estático	28
2.5.1. Método del gradiente global de Todini (GGA)	31
2.5.2. Método de mallas	33
2.5.3. Equivalencia entre métodos	35
2.6. Simulación de la calidad del agua	36
2.7. Ecuaciones de equilibrio en la simulación de la calidad	37
2.8. Esquema general de la simulación de la calidad del agua	38
2.9. Métodos existentes para la simulación de la calidad del agua	39
2.9.1. Método de Volúmenes Discretos (<i>Discrete Volume Element Method</i> , DVEM)	40
2.9.2. Método Lagrangiano conducido por tiempo (<i>Time-Driven Method</i> , TDM)	44
2.9.3. Método de Diferencias Finitas (<i>Finite Difference Method</i> , FDM)	44
2.9.4. Método Lagrangiano conducido por eventos (<i>Event-Driven Method</i> , EDM)	45
2.10. Conclusiones	45
3. Herramientas de Computación de Altas Prestaciones	47
3.1. Motivación de la computación paralela	47
3.2. Arquitecturas paralelas	48
3.3. OpenMP	50
3.3.1. Regiones paralelas	51
3.3.2. Directivas de reparto de trabajo	52
3.4. MPI	54
3.4.1. Comunicadores	55

3.4.2.	Envío y recepción de mensajes	55
3.4.3.	Operaciones colectivas	56
3.4.4.	Tipos de datos derivados y empaquetamiento	57
3.5.	Análisis de prestaciones	58
3.6.	Conclusiones	59
4.	Aportaciones al método de mallas de simulación hidráulica	61
4.1.	Algoritmo básico de simulación	62
4.2.	Escogiendo un conjunto de mallas	62
4.3.	Enfoque para modelizar las válvulas de control	67
4.4.	Modelización de líneas temporalmente cerradas	68
4.4.1.	Modelización como tuberías de gran resistencia	68
4.4.2.	Modelización mediante ecuación adicional	69
4.4.3.	Conexión entre ambas modelizaciones	70
4.5.	Modelización de válvulas de control del caudal	71
4.6.	Modelización de válvulas reguladoras de presión	71
4.6.1.	Modelización mediante ampliación no simétrica del sistema	72
4.6.2.	Modelización mediante aproximación simétrica	75
4.6.3.	Válvulas sostenedoras de presión (VSP).	82
4.7.	Elección de un vector inicial de caudales	82
4.8.	Resultados	82
4.8.1.	Selección del conjunto de mallas	85
4.8.2.	Simulación de las redes	86
4.9.	Conclusiones	89
5.	Algoritmos paralelos en memoria distribuida para simulación de redes y minimización de fugas	91
5.1.	Aproximación de paralelización de la simulación hidráulica	91
5.2.	Algoritmos multifrontales paralelos	93
5.2.1.	Reordenación de la matriz	94
5.2.2.	Factorización simbólica	95
5.2.3.	Factorización numérica	95
5.2.4.	Resolución de sistemas triangulares	96
5.3.	Implementación paralela de la simulación hidráulica	96
5.4.	Simulación paralela de la calidad del agua	101
5.4.1.	Particionado de la red	102
5.4.2.	Paralelización del paso de tiempo del DVEM	103
5.5.	Solapamiento de la simulación hidráulica y la de calidad	106
5.6.	Simulación de fugas	108
5.7.	Minimización de fugas	109
5.7.1.	Aplicación de programación secuencial cuadrática	110
5.8.	Algoritmo paralelo de minimización de fugas	112
5.8.1.	Implementación de la aplicación de minimización de fugas	113
5.9.	Resultados obtenidos	115

5.9.1.	Resultados de la simulación hidráulica	115
5.9.2.	Resultados de la simulación de la calidad	116
5.9.3.	Resultados de solapamiento de simulaciones	117
5.9.4.	Resultados de la minimización de fugas	117
5.10.	Conclusiones	120
6.	Simulación paralela en sistemas multicore	121
6.1.	Trabajos previos	121
6.2.	Bloques computacionales	123
6.2.1.	Identificación de tareas	123
6.2.2.	Contribución de las tareas al tiempo de ejecución	125
6.3.	Tareas a paralelizar	128
6.3.1.	Actualización del sistema lineal en el método GGA	128
6.3.2.	Actualización del sistema lineal en el método de mallas	129
6.3.3.	Actualización de caudales	135
6.3.4.	Actualización de demandas	135
6.4.	Algoritmos paralelos	136
6.4.1.	Actualización del sistema lineal en el método GGA	136
6.4.2.	Actualización del sistema lineal en el método de mallas	139
6.4.3.	Actualización de caudales	141
6.4.4.	Actualización de demandas	141
6.5.	Resultados	142
6.6.	Conclusiones	144
7.	Conclusiones	145
7.1.	Caminos explorados para la mejora de prestaciones	145
7.2.	Aportaciones originales de la tesis	146
7.3.	Publicaciones y proyectos	148
7.4.	Trabajo futuro	149