

TABLA DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	35
I.1 Gestión del Abastecimiento de Agua Potable y Sectorización: Generalidades, Ventajas y Desventajas.....	35
I.2 Técnicas de Sectorización: Estado del Arte.....	46
I.3 Objetivos de la Tesis	55
I.4 Desarrollo de los Objetivos	55
I.5 Organización del documento	57
II. METODOLOGÍA DE SECTORIZACIÓN BASADA EN LA DETECCIÓN DE COMUNIDADES EN REDES SOCIALES	61
II.1 Teoría de Grafos	61
II.1.1 Caracterización de los Grafos	63
II.1.2 Representación Matricial de Grafos	65
II.1.3 Caminos más Cortos en Grafos	69
II.1.3.1 Algoritmo de Búsqueda en Amplitud/Anchura	71
II.1.3.2 Algoritmo de Búsqueda en Profundidad	73
II.1.3.3 Algoritmo Dijkstra.....	75
II.1.3.4 Algoritmo PRIM	76
II.1.4 Teoría de Formación de Clústeres.....	77
II.1.4.1 Calidad de clústeres/Número de clústeres: Métodos de Evaluación	80
II.2 Grafos de Redes Sociales y Detección de Comunidades	91
II.2.1 Concepto de Modularidad	94
II.3 Representación de Redes de Abastecimiento de Agua Potable como Grafos de Redes Sociales	96
II.4 Identificación de Red de Conducción Principal Mediante Concepto de Caminos más Cortos	98
II.5 Aglomeración de Comunidades	104
II.6 Sectorización basada en el Clustering Jerárquico	106
II.6.1 Descripción de Definición de Comunidades Mediante Clustering Jerárquico	106
II.6.1.1 Pasos de Clustering Jerárquico Aglomerativo	107
Paso 1: Matriz de Disimilaridad	107
Paso 2: Aglomeraciones de Casos en Clústeres	108
Paso 3: Representación del Clúster Jerárquico Aglomerativo	111
Paso 4: Selección de Métodos a Emplear	112
II.6.2 Ejemplo de Clustering Jerárquico	113
II.6.3 Ejemplo de Implementación	117 24

II.6.4 Conclusiones sobre la Definición de Sectores mediante Clústering Jerárquico	133
II.7 Método de Sectorización basado en Detección Multinivel de Comunidades en Redes Sociales	134
II.7.1 Ejemplo de Implementación de Sectorización con base en el Método de Detección de Comunidades Multinivel	136
II.7.2 Conclusiones sobre la Definición de Sectores con base en el Algoritmo de Detección de Comunidades Multinivel	139
II.8 Método de Sectorización basada en la Detección de Comunidades Mediante Caminos Aleatorios	140
II.8.1 Nociones Básicas de Caminos Aleatorios	140
II.8.2 Algoritmo Walktrap	141
II.8.3 Ejemplo de Implementación	144
II.8.4 Conclusiones Sobre la Definición de Sectores basada en el Algoritmo de Detección de Comunidades Walktrap	148
II.9 Conclusiones sobre Métodos de Sectorización con base en Detección de Comunidades en Redes Sociales	149
III. Gestión de Pérdidas en Redes de Abastecimiento de Agua Potable Mediante Sectorización: Optimización del Conjunto de Válvulas de Cierre/Entradas de Sectores	153
III.1 Gestión Sostenible de Pérdidas en Redes de Abastecimiento de Agua Potable	153
III.1.1 Balance Hídrico de acuerdo al Marco BABE.....	154
III.1.2 Determinación de Caudales de Pérdidas Reales Siguiendo el Marco BABE	158
III.1.3 Teoría FAVAD	160
III.1.4 Estimación del Nivel Económico de Fugas a Corto Plazo	161
III.1.5 Formulación del Cálculo de Nivel Económico de Fugas no Reportadas	163
III.1.6 Beneficio de la Reducción de Presión sobre la Aparición de Nuevas Roturas y Sobre el Caudal de Consumo Doméstico	166
III.1.7 Reducción del Caudal de Consumo Doméstico	170
III.1.8 Asociación de la Gestión de Fugas con la Sectorización	171
III.2 Criterios Hidráulicos para Sectorización	177
III.2.1 Índice de Resiliencia	178
III.2.2 Uniformidad de Presiones	181
III.2.3 Coeficiente de Pérdida de Potencia	182
III.2.4 Uniformidad de Características	183
III.2.5 Calidad del Agua	184
III.3 Generalidades sobre Optimización	184
III.4 Optimización Mediante Algoritmos Genéticos y Simulación Monte Carlo: Predicción de Nuevas Fugas Mediante Sectorización	191
III.4.1 Descripción de Algoritmos Genéticos	191
III.4.2 Optimización Mediante Algoritmos Genéticos con Evolver	195
III.4.3 Optimización Mediante Algoritmos Genéticos y Simulación Monte Carlo	197
III.4.3.1 Descripción del Método de Simulación Monte Carlo	198
III.4.3.2 Método de Muestreo en Simulación Monte Carlo	204
III.4.4 Simulación Monte Carlo en Redes de Abastecimiento de Agua Potable.....	205

III.4.5 Ejemplo de Implementación de Optimización del Conjunto de Válvulas de Cierre/Entrada de Sectores Mediante Algoritmos Genéticos y Simulación Monte Carlo 211

III.5 Inclusión de Válvulas Regulatoras de Presión en las Entradas de Sectores Mediante Optimización Multinivel218

III.5.1 Ejemplos de Implementación de Método de Optimización Multinivel para Colocación de Válvulas Reductoras de Presión en las Entradas de los Sectores 220

III.6 Optimización del Conjunto de Entrada de Sectores/Válvulas de Cierre Mediante Optimización de Enjambre de Agentes221

III.6.1 Ejemplo de Implementación de Optimización del Conjunto de Válvulas de Cierre/Entradas de Sectores Mediante Optimización de Enjambre de Agentes 222

III.7 Análisis Global de los Resultados Obtenidos en los Ejemplos de Implementación227

IV. Conclusiones y Líneas Futuras 231

V. Referencias Bibliográficas 243

Apéndice I: Método de calibración mediante mapas auto organizados y Algoritmos Genéticos 261

I. Descripción del problema 261

II. Planteamiento del Problema de optimización 263

III. CLÚSTERING DE NODOS Y TUBERÍAS 263

III.1 Mapas Auto-organizados (SOMs)264

III.1.1 Características de Nodos y de Tuberías 265

III.1.2 Clústering jerárquico sobre Mapas Auto-Organizados 268

Apéndice II: Programación y Librerías Creadas 275