

Contenido

DEDICATORIA	5
AGRADECIMIENTOS	7
RESUMEN DE LA TESIS DOCTORAL	9
RESUM DE LA TESI DOCTORAL.....	11
PHD THESIS SUMMARY	13
Contenido.....	15
Índice de figuras.....	17
Índice de tablas	21
CONTRIBUCIÓN Y ESTRUCTURA DE LA TESIS.....	23
Objetivo de la tesis.....	23
Estrategia para la obtención del objetivo	24
1. INTRODUCCIÓN	27
PARTE I: El problema.....	31
2. EVALUACIÓN O ENSAYO NO DESTRUCTIVO.....	33
2.1. Definición general y clasificación	33
2.2. Aplicaciones.....	36
2.3. Técnicas de evaluación no destructiva en identificación de fugas de fluidos.....	37
2.3.1. Métodos con uso de instrumentos	38
2.3.2. Métodos de análisis por ordenador	39
2.4. Evolución de la tecnología y adaptación de los seres humanos a ésta.....	40
3. EL PROBLEMA DE FUGAS DE AGUA EN REDES DE DISTRIBUCIÓN.....	44
3.1. Crecimiento de la población, la demanda de agua y la carencia de concienciación....	44
3.2. Caracterización de los sistemas de distribución de agua potable	46
3.2.1. Características generales.....	47
3.3. Problemas de las redes de agua potable.....	48
3.3.1. Uso excesivo / Irresponsabilidad	49
3.3.2. Clandestinidad.....	50
3.3.3. Fugas.....	50
3.4. Enfoque del problema y planteamiento de la solución	54
3.5. Objetivos generales y específicos	55
PARTE II: Las herramientas.....	58
4. TERMOGRAFÍA COMO END	60
4.1. La termografía, su historia y evolución	60
4.2. Espectro electromagnético	62
4.3. Principios físicos de la termodinámica	64
4.3.1. Fundamentos de la termografía.....	65
4.4. El calor y su interacción con el medio	69
4.4.1. Influencia de variables ambientales en las imágenes termográficas	70
4.5. Imágenes: tipos y diferencias.....	75
4.5.1. Representación numérica de las imágenes termográficas.....	78
4.6. Aplicaciones de la termografía	79
4.7. La Termografía como END	80
4.7.1. Toma de imágenes de calidad y sus variables para análisis de fugas.....	84
5. ANÁLISIS CON ORDENADOR COMO END.....	86
5.1. Modelos científicos	86
5.2. Modelaciones con ordenador	87
5.3. Análisis de datos con machine learning y redes neuronales	88
5.4. Leak detection como evaluación no destructiva	91

PARTE III: Resultados en el empleo de termografía	92
6. CASOS DE ESTUDIO	94
6.1. Interpretación de imágenes IR para identificación de tuberías y posibles fugas	94
6.1.1. Experimentos anteriores	94
6.2. Hipótesis de trabajo.....	99
6.2.1. Modelo físico.....	99
6.2.2. Toma de imágenes.....	103
6.2.3. Obtención de datos de trabajo.....	104
6.2.4. Procesado de imágenes	108
6.2.5. Simulación Computarizada como herramienta de apoyo.....	113
6.3. Viabilidad económica del método en una red de agua potable.....	114
6.3.1. Limitaciones.....	116
6.4. Identificación de la zona donde yace una fuga con métodos de machine learning	116
6.4.1. Justificación	116
6.4.2. Descripción de la red de Hanoi.....	117
7. RESULTADOS DEL PROCESO DE IMÁGENES.....	126
7.1. Ensayo ID: St-3.....	127
7.2. Ensayo ID: St-4.....	129
7.3. Ensayo ID: St-2.....	131
7.4. Ensayo ID: Exp-1.....	133
7.5. Ensayo ID: Mp-1.....	135
7.6. Ensayo ID: Mgf-1	137
7.7. Ensayo ID: Mr-1	139
7.8. Ensayo ID: Mr-3	141
7.9. Ensayo ID: Mr-4	143
7.10. Ensayo ID: Mrf-1	145
7.11. EnsayoID: Mrf-2.....	147
7.12. Comentarios respecto al análisis de imágenes	149
7.13. Conclusiones.....	149
7.14. Línea de trabajo a desarrollar en un futuro	150
8. Bibliografía	151
8.1. Artículos y consultas digitales	151
8.2. Sobre producción propia	154
8.3. Libros	155
ANEXOS	157
ANEXO I. Cámara FLIR SC620, Especificaciones técnicas	159
ANEXO II. Red de Hanoi.....	165
ANEXO III. Reportes generados por EpaNet del funcionamiento de la red Hanoi	171