



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

INGENIERÍA HIDRÁULICA Y MEDIO AMBIENTE

TESIS DOCTORAL

“ANÁLISIS Y CARACTERIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES
INTERIORES DE SUMINISTRO DE AGUA
DESDE EL PUNTO DE VISTA DEL AHORRO”

Autor:

D. Gonzalo López Patiño

Directores:

D^o. P. Amparo López Jiménez

D. F. Javier Martínez Solano

Valencia, Septiembre de 2015

A mi familia

A mis compañeros en la UPV

INDICE

RESUMEN	i
SUMMARY	iii
RESUM	v
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	
1. Justificación. Estado del arte	2
2. Objetivo	12
3. Estructura del documento	14
CAPÍTULO 2. DEMANDA DE AGUA EN EDIFICIOS	
1. Introducción	20
2. Patrones de consumo de agua	22
2.1. Patrón de consumo doméstico.	22
3. Demanda de agua en edificios de viviendas	32
4. Obtención del consumo de agua en edificios	42
4.1. Auditoria del consumo de agua de un edificio	43
4.2. Encuesta de consumo de agua	51
5. Conclusiones	52
CAPÍTULO 3. ANALISIS DE SISTEMAS DE HIDROEFICIENCIA	
1. Introducción	56
2. Sistemas de ahorro de agua	57
2.1. Aireadores/perlizadores	58
2.2. Reductor de caudal de duchas	61
2.3. Cabezal de ducha con reductor de caudal	62
2.4. Grifos de inodoro de bajo consumo	64
2.5. Griferías automáticas	66
2.6. Válvulas reductoras de presión	68
2.7. Grifería monomando de apertura en dos posiciones	71

2.8. Grifería monomando de apertura en frío	72
3. Fuentes alternativas de suministro	74
3.1. Sistemas de aprovechamiento de agua de lluvia	74
3.2. Sistemas de reutilización de aguas usadas	76
3.3. Sistemas de aprovechamiento de aguas de condensación	89
4. Conclusiones	90
CAPÍTULO 4.	
1. Introducción	92
2. Análisis general de los sistemas de aprovechamiento de agua de lluvia	95
2.1. Aplicaciones del sistema	97
2.2. Coste del sistema	98
2.3. Cuestiones generales de diseño	99
3. Elementos que forman el sistema	100
3.1. Elementos de captación	100
3.2. Filtros primarios de retención	102
3.3. Conducciones	104
3.4. Separadores de primera lluvia	105
3.5. Depósitos	106
3.6. Equipo de bombeo	115
4. Morfología del sistema	116
4.1. Esquema de instalación	119
5. Dimensionado de la instalación	122
5.1. Separador de primera lluvia	122
5.2. Depósito de almacenamiento	129
5.3. Conducciones	139
5.4. Equipo de bombeo	140
6. Conclusiones	147

CAPÍTULO 5. RECUPERACIÓN DE CONDENSADOS EN SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN

1. Introducción	150
2. Sistemas de climatización para el aprovechamiento de condensados	153
2.1. Sistemas de climatización	153
3. Psicrometría del proceso de enfriamiento y deshumectación	160
3.1. Proceso de enfriamiento y deshumectación en una unidad de tratamiento de aire	162
3.2. Proceso de enfriamiento y deshumectación en un equipo autónomo compacto	169
3.3. Proceso de enfriamiento y deshumectación en una máquina de expansión directa con ciclo de compresión	171
4. Análisis del potencial de condensación en sistemas de climatización	174
4.1. Desarrollo de las mediciones	174
4.2. Resultados	177
5. Instalación de aprovechamiento de condensado	182
6. Conclusiones	184

CAPÍTULO 6. CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE AHORRO DE AGUA

1. Introducción	188
2. Criterios característicos de los sistemas de hidroeficiencia	188
3. Criterio de ahorro de agua	190
4. Criterio de ahorro de energía	197
4.1. Ahorro de energía por calentamiento de agua	199
4.2. Ahorro de energía por bombeo	203
5. Criterio de impacto socio-ambiental	206
6. Criterio de diseño	209
7. Criterio de viabilidad económica	212
7.1. Análisis de ingresos	214
7.2. Análisis de costes	224

7.3. Valoración de la viabilidad económica de la inversión	233
8. Conclusiones	237
CAPÍTULO 7. VALORIZACIÓN Y SELECCIÓN DE SISTEMAS DE AHORRO DE AGUA	
1. Introducción	240
2. Análisis coste-beneficio para la selección de sistemas de hidroeficiencia	241
2.1. Criterios de rentabilidad en el análisis coste-beneficio	244
2.2. Método del valor equivalente de un flujo de efectivo.	245
2.3. Método de la tasa interna de retorno	249
2.4. Método del periodo de retorno o pay-back	251
2.5. Aplicación de los criterios de rentabilidad al ahorro de agua	252
3. Selección multicriterio de sistemas de hidroeficiencia	259
3.1. Método del proceso analítico jerárquico (ahp)	265
3.2. Aplicación del método ahp a la selección de sistemas de hidroeficiencia	270
4. Selección de sistemas de hidroeficiencia	278
5. Casos de aplicación	280
5.1. Edificios de viviendas	283
5.2. Edificios residenciales multifamiliares	289
5.3. Hotel	293
6. Conclusiones	299
CAPÍTULO 8. CONCLUSIONES Y DESARROLLOS FUTUROS	
1. Conclusiones	302
2. Desarrollos futuros	313
BIBLIOGRAFÍA	317