



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Análisis, caracterización y diseño de Hidrantes multiusuario para riego.

Presentada por:

TESIS DOCTORAL
Ibán Balbastre peralta

Director de Tesis:

Dr. Jaime Arviza Valverde

Valencia, Septiembre 2015.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.	1-1
1.1. JUSTIFICACIÓN DE LA TESIS.	1-3
1.2. ANTECEDENTES.	1-4
1.3. PROBLEMÁTICA DE LA INSTALACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE HIDRANTES MULTIUSUARIO PARA RIEGO.	1-5
1.4. OBJETIVOS Y ESTRUCTURA DE LA TESIS.	1-8
CAPÍTULO 2. DESCRIPCIÓN, TIPOLOGÍA Y CARACTERIZACIÓN DE HIDRANTES MULTIUSUARIO PARA RIEGO.	2-1
2.1. INTRODUCCIÓN.	2-3
2.1.1. DEFINICIONES Y NOMENCLATURA UTILIZADA.	2-3
2.2. CLASIFICACIÓN DEL HIDRANTE. (AEN/CTN68 2005)	2-4
2.2.1. NÚMERO DE SALIDAS.	2-4
2.2.2. POR SU FUNCIÓN.	2-5
2.2.3. POR SUS DIMENSIONES.	2-5
2.2.4. POR SU PRESIÓN NOMINAL.	2-6
2.3. TIPOLOGÍA Y MORFOLOGÍA MAS COMÚN EN HIDRANTES MULTIUSUARIO.	2-6
2.3.1. VERTICALES (V).	2-6
2.3.1.1. Alimentado por el extremo (V1).	2-6
2.3.1.2. Alimentado por el punto medio (V2).	2-8
2.3.2. HORIZONTALES (H).	2-9
2.3.2.1. Alimentado por el extremo (H1).	2-9
2.3.2.2. Alimentado por el punto medio (H2).	2-12
2.3.3. GALERÍA FOTOGRÁFICA DE LAS DISTINTAS CONFIGURACIONES DE HIDRANTES MULTIUSUARIO.	2-14
2.3.3.1. Hidrantes verticales (V).	2-14
2.3.3.2. Hidrantes horizontales (H).	2-24
2.4. CARACTERIZACIÓN HIDRÁULICA DE HIDRANTES MULTIUSUARIO.	2-28
2.4.1. CARACTERÍSTICAS EQUIPOS DE MEDIDA Y BANCO DE ENSAYOS.	2-28
2.4.2. CLASIFICACIÓN, DESIGNACIÓN Y MARCADO DE LOS HIDRANTES.	2-29
2.4.2.1. Información requerida para elementos generales.	2-31
2.4.2.2. Información requerida para las tomas.	2-32
2.4.3. ENSAYOS RECOMENDADOS EN FUNCIÓN DE TIPO DE HIDRANTE.	2-33
2.4.3.1. Comprobación de la metrología a QNP para cada una de las tomas. (Todos los Tipos).	2-34
2.4.3.2. Verificación del caudal global del hidrante, conforme se instalará en campo. QNB. (Todos los Tipos).	2-35
2.4.3.3. Pérdidas de carga del hidrante, con todas las tomas abiertas y sin regulación. (Todos los Tipos)	2-37
2.4.3.4. Respuesta del hidrante ante la apertura y cierre de tomas. Simulación de inicio y parada de riego. Transitorios generados. (Todos los tipos)	2-40
2.4.3.5. Comprobación de la regulación de presión ante variaciones de presión a la entrada en su función como reductora de presión. (Tipos 3 y 4)	2-42
2.4.3.6. Rapidez de regulación de presión de la válvula reductora de presión. (Tipos 3 y 4)	2-44
2.4.3.7. Comportamiento de la regulación de caudal ante variaciones de presión en su función como limitadora de caudal. (Tipo 2 y 4)	2-46
2.4.3.8. Rapidez de respuesta del hidrante a la limitación de caudal. (Tipo 2 y 4).	2-49
2.4.3.9. Caudal máximo circulante por toma, simulando el abastecimiento a parcela con instalación de riego. (Tipo 1 y 3)	2-51
2.4.3.10. Caudal máximo circulante por toma, simulando el abastecimiento a parcela sin instalación de riego. Con y sin funcionamiento de la VRP. (Tipo 1 y 3)	2-53

2.4.3.11. Prueba de estanqueidad. (Todos los Tipos)	2-55
2.4.3.12. Comprobación del estado y calidad de los colectores de los hidrante.	2-57
2.4.3.13. Calidad de otros componentes del hidrante.	2-65
2.5. OTROS ENSAYOS HIDRÁULICOS DE INTERÉS. ANÁLISIS DEL BLOQUEO Y CONDICIONES DE INSTALACIÓN DE LOS	
CONTADORES.	2-66
2.5.1. COLECTORES.	2-66
2.5.2. CONTADORES. ANÁLISIS DEL BLOQUEO.	2-68
2.5.3. CONTADORES. CONDICIONES DE INSTALACIÓN.	2-81
2.5.3.1. Calidad del Agua.	2-82
2.5.3.2. Estabilidad del flujo.	2-85
2.6. CONCLUSIONES. DESCRIPCIÓN, TIPOLOGÍA Y CARACTERIZACIÓN DE HIDRANTES MULTIUSUARIO PARA RIEGO.	2-87
2.6.1. DISEÑO Y CONFIGURACIÓN.	2-87
2.6.2. CALIDAD DE LOS COMPONENTES.	2-89
CAPÍTULO 3. GUÍA PARA EL DISEÑO Y SELECCIÓN DE HIDRANTES MULTIUSUARIO PARA RIEGO.	3-1
3.1. OBJETIVOS.	3-3
3.2. TIPOLOGÍA DEL HIDRANTE.	3-3
3.3. CAUDALES RECOMENDADOS.	3-4
3.4. SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS A INSTALAR.	3-5
3.4.1. ELEMENTOS GENERALES DEL HIDRANTE.	3-5
3.4.1.1. Colectores, materiales de unión y accesorios.	3-5
3.4.1.2. Válvulas de maniobra generales.	3-7
3.4.1.3. Elementos de filtración. Filtros caza piedras.	3-8
3.4.1.4. Elementos de regulación. Válvulas hidráulicas generales reductoras de presión.	3-9
3.4.1.5. Ventosas y accesorios generales.	3-9
3.4.1.6. Sistema de automatización, control, registro y accionamiento.	3-9
3.4.1.7. Otros.	3-10
3.4.2. ELEMENTOS DE LAS TOMAS A PARCELA.	3-10
3.4.2.1. Válvulas de maniobra.	3-10
3.4.2.2. Elementos de medición de caudal.	3-10
3.4.2.3. Electroválvulas y válvulas hidráulicas de regulación.	3-14
3.4.2.4. Tuberías a parcela. Salida de las tomas del hidrante.	3-14
3.5. OBRA CIVIL.	3-15
3.5.1. CIMENTACIÓN.	3-15
3.5.2. CASETA DE ALOJAMIENTO DE LAS INSTALACIONES.	3-15
3.5.2.1. Elementos de anclaje.	3-16
3.6. DISEÑO DEL HIDRANTE MULTIUSUARIO TIPO DENOMINADO “COSTELLA”.	3-18
3.6.1. CLASIFICACIÓN DEL HIDRANTE SEGÚN NORMA UNE-EN 14267(AEN/CTN68 2005).	3-18
3.6.2. ESQUEMA GENERAL HIDRANTE TIPO “COSTELLA” DE DNB 100, CON 8 TOMAS INSTALADAS.	3-19
3.6.3. ELEMENTOS GENERALES DEL HIDRANTE.	3-20
3.6.3.1. Válvula de compuerta DN 100.	3-20
3.6.3.2. Filtro Caza piedras DN 100.	3-20
3.6.3.3. Válvula hidráulica reductora de presión DN 100.	3-20
3.6.3.4. Curva 90ºembreada de PE 100 electro soldable.	3-21
3.6.3.5. Colector PE100 o PP con 10 salidas.	3-21
3.6.3.6. Ventosa.	3-21
3.6.3.7. Otros.	3-22
3.6.4. TOMAS A PARCELA INSTALADAS.	3-22
3.6.4.1. Toma A DN 40 mm (1”1/2).	3-23

3.6.4.2. Toma B DN 50 mm (2").	3-24
3.6.4.3. Toma C y D DN 25 mm (1").	3-25
3.6.4.4. Toma E DN 40 mm (1"1/2).	3-26
3.6.4.5. Toma F DN 50 mm (2").	3-27
3.6.4.6. Toma G DN 25 mm (1").	3-28
3.6.4.7. Toma H DN 25 mm (1").	3-29
3.6.5. CARACTERÍSTICAS DE LOS OTROS HIDRANTES "COSTELLA" ENSAYADOS.	3-30
3.6.5.1. Hidrante 10 (H2-5/Tipo3-7/DNB 100-QNB 63-DNP 20x1 25x1 30x2 50x3/PN10).	3-30
3.6.5.2. Hidrante 12 (H2-5/Tipo3-10/DNB 150-QNB 51-DNP 20x3 25x1 30x5 40x1/PN10).	3-31
3.6.6. CARACTERIZACIÓN HIDRÁULICA DEL HIDRANTE TIPO DISEÑADO.	3-31
3.6.7. RESULTADOS.	3-32
3.6.7.1. Comprobación de la metrología a QNP para cada una de las tomas.	3-32
3.6.7.2. Verificación del caudal global del hidrante, conforme se instalará en campo.	3-33
3.6.7.3. Pérdidas de carga del hidrante.	3-34
3.6.7.4. Respuesta del hidrante ante la apertura y cierre de tomas. Simulación de inicio y parada de riego. Transitorios generados. Funcionamiento como Tipo 1.	3-35
3.6.7.5. Respuesta del hidrante ante la apertura y cierre de tomas. Simulación de inicio y parada de riego con el funcionamiento de la VRP. Transitorios generados. Funcionamiento como Tipo 3.	3-36
3.6.7.6. Comprobación de la regulación de presión ante variaciones de presión a la entrada en su función como reductora de presión.	3-38
3.6.7.7. Rapidez de regulación de presión de la válvula reductora de presión.	3-39
3.6.7.8. Caudal máximo circulante por toma, simulando el abastecimiento a parcela con instalación de riego.	3-40
3.6.7.9. Caudal máximo circulante por toma, simulando el abastecimiento a parcela sin instalación de riego.	3-41
3.6.7.10. Prueba de estanqueidad.	3-42
3.6.8. CONCLUSIONES ENSAYO HIDRANTES TIPO "COSTELLA".	3-42
3.7. CONCLUSIONES GENERALES DE LA APLICACIÓN DE LA GUÍA PARA EL DISEÑO Y SELECCIÓN DE HIDRANTES MULTIUSUARIO PARA RIEGO.	3-44
CAPÍTULO 4. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA DE HIDRANTES MULTIUSUARIO.	4-1
4.1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS DE LA MODELIZACIÓN DE HIDRANTES.	4-3
4.2. MATERIALES Y MÉTODOS.	4-4
4.2.1. MODELIZACIÓN CON HERRAMIENTAS CFD. FLOW SIMULATION . SOLIDWORKS.(DASSAULT SYSTÈMES 2013A)	4-4
4.2.1.1. Fundamentos de cálculo.	4-5
4.2.1.2. Características de Flow Simulation.	4-6
4.2.2. MODELIZACIÓN CON HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS HIDRÁULICO. EPANET 2.0.	4-7
4.2.2.1. Fundamentos de calculo.	4-7
4.2.2.2. Características de EPANET 2.0.	4-9
4.2.3. PARÁMETROS HIDRÁULICOS UTILIZADOS EN LAS SIMULACIONES.	4-11
4.2.3.1. Rugosidad absoluta para los materiales utilizados en las tuberías y colectores que configuran el hidrante.	4-11
4.2.3.2. Coeficientes de resistencia (Ks) para evaluar pérdidas singulares o localizadas en los hidrantes.	4-11
4.2.3.3. Curvas de pérdidas de válvulas, contadores y filtros en el análisis de hidrantes completos.	4-25
4.2.4. VALIDACIÓN Y VERIFICACIÓN DE LOS MODELOS. ÍNDICES ESTADÍSTICOS UTILIZADOS.	4-28
4.2.4.1. Error cuadrático medio. (ECM).	4-29
4.2.4.2. Raíz del Error cuadrático medio. (RECM).	4-29
4.2.4.3. Normalización de la raíz del error cuadrático medio. (NRECM).	4-30
4.2.4.4. Error absoluto medio. (MAE).	4-30
4.2.4.5. Coeficiente de correlación PEARSON (r).	4-30
4.2.4.6. Coeficiente de determinación (r ²).	4-30
4.2.4.7. Coeficiente Nash-Sutcliffe. (E).	4-31
4.2.4.8. Índice de ajuste de Willmott (W). (Willmott 1981) .	4-31
4.2.4.9. Índice de ajuste de Willmott modificado (Wm).(Gaile y Willmott 1984) .	4-32

4.2.4.10. El cociente entre el error cuadrático medio y el error absoluto medio. (RECM/MAE).	4-32
4.2.5. SIMULACIONES EN CDF. COLECTOR DEL HIDRANTE 11 (CAPÍTULO 2).	4-32
4.2.5.1. Datos de partida. Ensayo hidráulico en laboratorio.	4-32
4.2.5.2. Parámetros de simulación del CFD.	4-35
4.3. RESULTADOS.	4-36
4.3.1. VALIDACIÓN DE LOS MODELOS CREADOS EN CDF Y EPANET. COLECTOR DEL HIDRANTE 11 (CAPÍTULO 2).	4-36
4.3.1.1. Resultados simulación CFD.	4-36
4.3.1.2. K_s obtenidos de las simulaciones CFD.	4-44
4.3.1.3. Resultados simulación EPANET 2.0, comparación con los resultados de las simulaciones CFD.	4-46
4.3.2. MODELIZACIÓN EN CFD DE LOS COLECTORES DE LOS HIDRANTES ENSAYADOS. OBTENCIÓN DE LOS VALORES REALES DE K_s .	4-50
4.3.2.1. CFD Colector Hidrante 1.	4-50
4.3.2.2. CFD Colector Hidrante 3.	4-52
4.3.2.3. CFD Colector Hidrante 4.	4-54
4.3.2.4. CFD Colector Hidrante 5.	4-56
4.3.2.5. CFD Colector Hidrante 6.	4-58
4.3.2.6. CFD Colector Hidrante 7.	4-60
4.3.2.7. CFD Colector Hidrante 8.	4-62
4.3.2.8. CFD Colector Hidrante 9.	4-64
4.3.2.9. CFD Colector Hidrante 10.	4-66
4.3.2.10. CFD Colector Hidrante 11.	4-69
4.3.2.11. CFD Colector Hidrante Tipo "Costella".	4-71
4.3.3. RESULTADOS DE LOS MODELOS DE EPANET PARA LAS DISTINTAS HIPÓTESIS DE K_s .	4-73
4.3.4. APLICACIÓN PRÁCTICA DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS PARA LA SIMULACIÓN CON EPANET, EN HIPÓTESIS DE FUNCIONAMIENTO DISTINTAS A LAS ENSAYADAS.	4-76
4.3.4.1. Comprobación y corrección de errores en los ensayos hidráulicos. Verificación del Hidrante 1 para los caudales nominales reales.	4-76
4.3.4.2. Caudal máximo por hidrante. Ampliación del hidrante con nuevas tomas. Hidrante 10.	4-78
4.3.4.3. Caudales máximos circulantes por toma para diferentes tipos de instalación en parcela. Aplicación al Hidrante 9.	4-80
4.4. CONCLUSIONES.	4-84
<u>CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES.</u>	<u>5-1</u>
5.1. CONCLUSIONES GENERALES DE LA TESIS.	5-3
5.2. RECOMENDACIONES Y PLANES FUTUROS.	5-3
<u>CAPÍTULO 6. BIBLIOGRAFÍA.</u>	<u>6-1</u>