

DISEÑO ÓPTIMO DE REDES DE AGUA PARA EL RIEGO DE PARQUES Y JARDINES

Benjamín Lara Ledesma¹; Rafael Pérez García¹; Gonzalo López Patiño¹,
P. Amparo López Jiménez¹

Resumen – Se presenta una metodología para el diseño óptimo de redes de agua para el riego de parques y jardines. Estas redes pueden trabajar a baja presión, en caso de ser redes separadas, por lo que se pueden utilizar aguas no potables. La metodología se aplicará a redes colectivas abiertas separadas de la red que abastece el agua potable. El caudal de diseño de la red colectiva está determinado por el número de hidrantes funcionando en ella. La determinación del número y ubicación de los hidrantes se realiza por turnos de riego. Los hidrantes que funcionan en cada turno se determinan mediante un programa de optimización que emplea los algoritmos genéticos para tal fin. El diseño de la red colectiva, una vez que se tienen los caudales de diseño en cada línea, se utiliza el programa de cómputo Diopram, que trabaja bajo el entorno Windows, el cual diseña la red siguiendo el criterio económico.

Palabras clave: Diseño óptimo, redes de agua, parques y jardines, algoritmos genéticos, Diopram.

Abstract – One presents a methodology for the optimal design of water networks for the irrigation of parks and gardens. These networks can work to low pressure, in case of being separated networks, for what they can use not drinkable waters. The methodology will be applied to collective opened networks separated from the network that supplies the drinkable water. The discharge of design of the collective network is determined by the number of hydrants working in her. The determination of the number and location of the hydrants is realized by turns of irrigation. The hydrants that work in every turn, they are decided by a program of optimization that uses the genetic algorithms for such end. The design of the collective network, as soon as the discharges of design are had in every pipe, we use the computer program Diopram, which works under the environment Windows, which designs the network following the economic criterion.

Keywords: Optimal design, water networks, parks and gardens, genetic algorithms, Diopram.

¹ Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente. Grupo Multidisciplinar de Modelación de Fluidos. E-mail: benlale@doctor.upv.es; rperez@gmmf.upv.es; glpatin@gmmf.upv.es; palopez@gmmf.upv.es

ANTECEDENTES

Según Greenpeace, España es el tercer país del mundo que más agua consume por habitante y día. El primero es Estados Unidos con más de 500 litros/habitante/día y España 250-300 litros/habitante/día.

Un estudio realizado para diversas ciudades españolas (Molina, 1998; según Domene, G.E.; 2003), el uso del agua en inodoros y duchas encabeza el consumo doméstico con un 40% pero en segunda posición se sitúa ya el riego de jardines con un 16% del total. De aquí la importancia de centrar la atención en el consumo del agua para usos ornamentales.

Debido a la sequía por la que atraviesa actualmente España se han tomado medidas restrictivas en varias ciudades, en cuanto al riego de jardines se refiere. Entre las ciudades están Madrid, Ávila, Segovia y Pamplona.

De aquí la importancia de gestionar eficientemente el agua que se utiliza para el riego de parques y jardines. Como una primera etapa sería el ahorro monetario en cuanto al coste de la red así como tener un coste de bombeo mínimo en caso de que la red colectiva de riego no funcione por gravedad. Este aspecto es el que se tratará en este artículo en lo referente al diseño óptimo de la red.

La utilización del agua tratada en el riego de parques y jardines puede ser una muy buena alternativa para mitigar los efectos de la escasez de agua. Además, cuando la red está separada de la red de abastecimiento, puede trabajar con presiones inferiores a esta última, con lo cual se disminuyen los costes totales de la red.

Un ejemplo de una red separada de la red de abastecimiento, es la que se tiene en la ciudad de Valencia, la cual utiliza agua cuyas condiciones de calidad no son homologables para consumo humano.

INTRODUCCIÓN

Otra de las decisiones a adoptar, previa al proyecto de toda red de agua, es la referente a la modalidad de riego que se piensa implantar en la zona. Las redes colectivas pueden proyectarse para uso mediante turnos preestablecidos de riego o bien para utilización a la demanda.

En los riegos por turno, se les indica a los usuarios durante que días y horas pueden disponer de la dotación fijada en la boca de riego (hidrante) y solamente durante esas horas pueden dar a sus cultivos el agua que precisan. Pero como en este caso sólo existe un usuario, el municipio, es más fácil operar el sistema.

Mediante el riego a la demanda el agua permanece a disposición del regante durante las 24 horas del día, sin más limitación que la modulación en el hidrante del caudal disponible. El usuario puede abrir o cerrar su toma en el momento que estime oportuno y de acuerdo con las necesidades hídricas de las plantas, arbustos, etc. que se tengan en los parques y jardines. El aprovechamiento del agua y la elasticidad del riego son máximos.

En el riego a la demanda los caudales circulantes por cada uno de los tramos de la red serán en todo instante una función aleatoria, ya que no está prefijado el número de tomas abiertas, ni el caudal que se deriva por cada una de ellas. Para determinar el caudal circulante por cada tramo se utiliza un método estadístico que permite eliminar todas aquellas combinaciones de consumo de muy pequeña probabilidad de ocurrencia. Entre todas las fórmulas estadísticas propuestas la que ha alcanzado un uso generalizado es la de René Clément.

Para lograr la máxima ventaja de tener el agua por tuberías es cuando se implemente el riego a la demanda. Su desventaja estriba en su coste, relativamente más grande que cuando se tiene el riego por turnos.

La elección de la modalidad de turnos de riego trae consigo un problema: el distribuir adecuadamente los turnos de riego, para tener un diseño óptimo de la red colectiva. Por ello, se presenta una metodología para conseguir un diseño óptimo de la red tomando en cuenta el reparto equitativo en cada turno de riego del caudal total que circularía en ella.

METODOLOGÍA PROPUESTA

El diseño de la red de riego se realiza mediante el reparto equitativo del caudal en cada turno de riego, mediante una distribución dispersa de los hidrantes. Para realizar la óptima agrupación de los hidrantes en cada turno se emplea el macro *Evolver* para *Excel*, cuyo motor de optimización está basado en los algoritmos genéticos.

Para llevar a cabo una adecuada distribución de los hidrantes en cada turno, se utilizan los siguientes criterios:

1. El caudal total de la red debe de repartirse de manera equitativa en cada turno, para ello la desviación estándar de la suma de los caudales en cada turno debe tener un valor lo más próximo a cero. Este factor es la función objetivo en el programa de optimización.
2. La restricción de la función objetivo es que también se debe cumplir que en cada turno de riego se tenga un equilibrio en el “factor energético” de la red. El factor energético para cada hidrante, está representado por la siguiente ecuación:

$$Fe = \frac{L_H}{L_R} \frac{Q_H}{Q_R} \left(\frac{Z_H - Z_{Hmin}}{P_{min}} + 1 \right)$$

Como se puede observar el factor energético, Fe , es adimensional. El primer término de la ecuación es la relación existente entre la longitud desde el punto de alimentación de la red al hidrante (L_H) y la longitud total de la red (L_R). El segundo término se refiere a la relación entre el caudal extraído en el hidrante (Q_H) y el caudal demandado en toda la red (Q_R). Finalmente, el último término está referido a la relación entre diferencia de cotas que se tienen en el hidrante (Z_H) y la mínima en ellos (Z_{Hmin}) y la presión mínima (P_{min}) que se requiere en la red para que ésta funcione adecuadamente, más la unidad para evitar tener valores nulos en el factor.

Para cada turno se tiene un caudal diferente en las líneas comunes de la red, el caudal de diseño de la red será el máximo que se presente en cualquiera de los turnos. Una vez obtenidos los turnos de riego, para diseñar la red, se emplea el programa *Diopram*, del cual se obtiene el diseño económico de ésta mediante programación lineal.

EJEMPLO DE APLICACIÓN

La topología de la red que se utiliza es la del libro “El riego por aspersión” (Clément, R.; Galand, A.; 1986), figura 1, la cual riega una superficie de 165,25 ha con 18 bocas de riego (hidrantes). La elevación en la toma de agua (nudo 9000) es de 572,8 m. El resto de la información de la red se encuentra en la tabla 1.

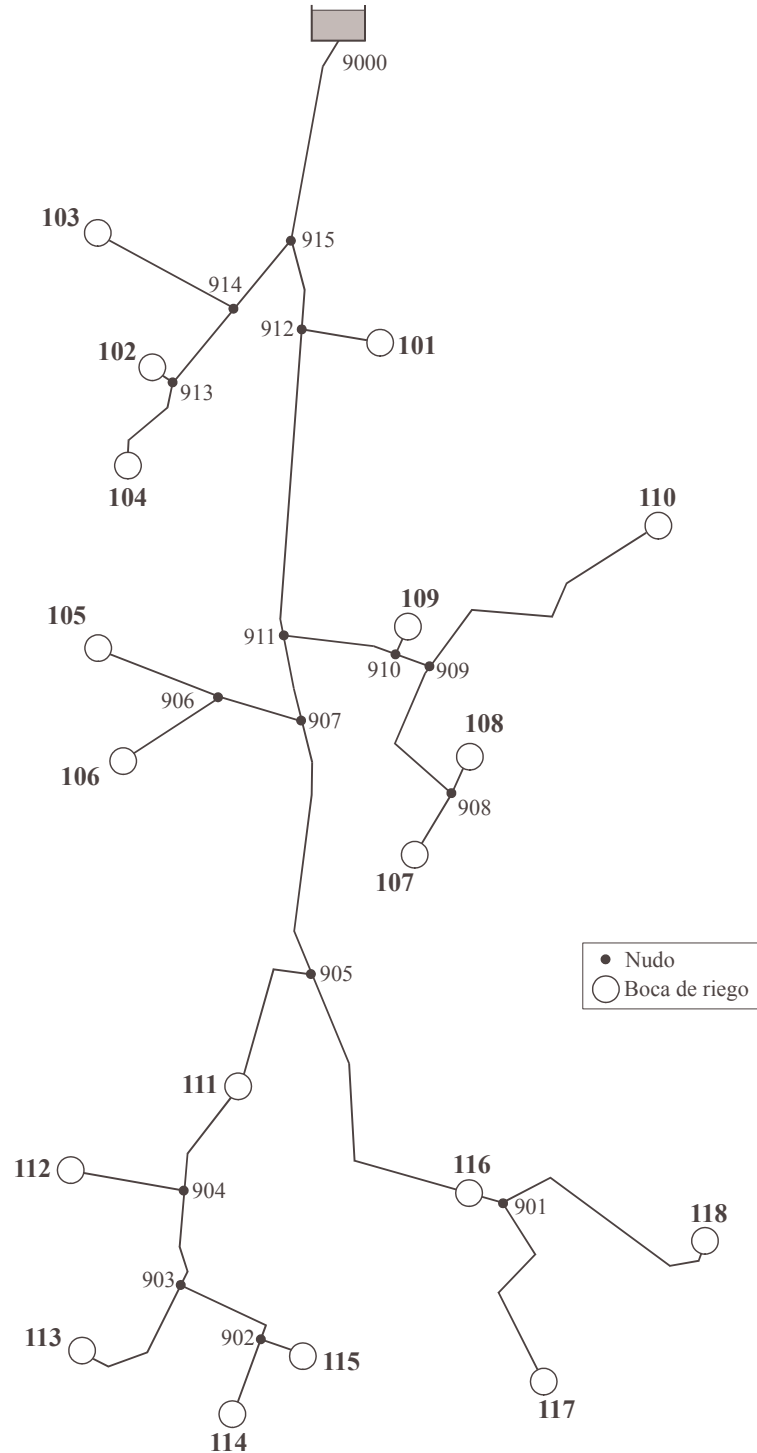


Figura 1. Topología de la red

Tabla 1. Información de la red utilizada

Tramo	Nudo inicial	Nudo final	Longitud (m)	Cota (m)	Superficie (ha)	Demanda (l/s)
915	0	915	370	523,3		
914	915	914	140	521,4		
103	914	103	400	520,0	3,0	7,2
913	914	913	170	539,0		
102	913	102	10	540,0	7,5	18,0
104	913	104	135	520,0	3,25	7,8
912	915	912	145	544,0		
101	912	101	110	545,0	6,0	14,4
911	912	911	575	520,0		
910	911	910	290	516,0		
109	910	109	10	515,0	5,0	12,0
909	910	909	85	517,0		
110	909	110	540	520,0	7,5	18,0
908	909	908	220	511,0		
107	908	107	160	500,0	11,0	26,4
108	908	108	50	510,0	5,0	12,0
907	911	907	120	518,0		
906	907	906	130	515,0		
105	906	105	280	510,0	6,0	14,4
106	906	106	225	505,0	7,5	18,0
905	907	905	490	507,0		
111	905	111	300	510,0	30,0	72,0
904	111	904	130	509,0		
112	904	112	190	520,0	8,0	19,2
903	904	903	190	515,0		
113	903	113	290	520,0	5,0	12,0
902	903	902	220	510,0		
114	902	114	195	510,0	8,5	20,4
115	902	115	90	505,0	5,5	13,2
116	905	116	530	515,0	27,0	64,8
901	116	901	70	514,0		
117	901	117	330	525,0	4,5	10,8
118	901	118	485	505,0	15,0	36,0

RESULTADOS

Para poder hacer comparaciones con los costes de los diversos diseños obtenidos al emplear turnos de riego se realizan los diseños para caudales acumulados (tabla 2) y caudales probabilísticos (tabla 3). Los datos para el ejemplo son: caudal ficticio continuo de 1,0 l/s/ha, una jornada de riego de 18 h y una garantía de suministro del 95 %.

Tabla 2. Diseño de la red con caudales de línea acumulados

Tramo	Q línea (l/s)	D.T. (mm)	D.N.	D.I. (mm)	P.E. (m)	V (m/s)	P (m)	H (m)	J (m/km)	Coste (€)	hf (m)
915	396,6	392,05	500	475,4	49,5	2,23	47,07	570,37	6,56	28.863,70	2,43
914	33	121,72	160	147,6	51,4	1,93	46,17	567,57	20,04	1.514,80	2,81
103	7,2	62,38	75	69,2	52,8	1,91	27,89	547,89	49,21	1.004,00	19,69
913	25,8	113,43	125	115,4	33,8	2,47	21,39	560,39	42,25	1.111,80	7,18
102	18	102,32	110	101,6	32,8	2,22	19,98	559,98	40,59	50,7	0,41
104	7,8	54,15	63	58	52,8	2,95	22,24	542,24	134,49	237,6	18,16
912	363,6	382,34	500	475,4	28,8	2,05	25,56	569,56	5,59	11.311,45	0,81
101	14,4	79,88	90	83	27,8	2,66	16,63	561,63	72,16	400,4	7,94
911	349,2	377,9	500	475,4	52,8	1,97	46,58	566,58	5,19	44.855,75	2,98
910	68,4	162,96	200	190,2	56,8	2,41	44,13	560,13	22,25	3.465,50	6,45
109	12	36,35	90	83	57,8	2,22	44,61	559,61	51,67	36,4	0,52
909	56,4	154,16	200	190,2	55,8	1,99	41,8	558,8	15,61	1.015,75	1,33
110	18	111,14	110	101,6	52,8	2,22	16,89	536,89	40,59	2.737,80	21,92
908	38,4	107,73	160	141	61,8	2,46	40,53	551,53	33,07	3.544,20	7,27
108	12	51,57	90	79,2	62,8	2,44	38,29	548,29	64,9	272,5	3,25
107	26,4	96,72	125	110,2	72,8	2,77	42,7	542,7	55,19	1.572,80	8,83
907	280,8	354,85	400	380,4	54,8	2,47	47,35	565,35	10,28	5.684,40	1,23
906	32,4	100,91	160	147,6	57,8	1,89	47,83	562,83	19,38	1.406,60	2,52
105	14,4	79,95	90	79,2	62,8	2,92	27,44	537,44	90,69	1.526,00	25,39
106	18	74,03	110	96,8	67,8	2,45	46,28	551,28	51,37	1.732,50	11,56
905	248,4	342,53	400	369,4	65,8	2,32	53,72	560,72	9,45	37.396,80	4,63
111	136,8	216,88	315	290,8	62,8	2,06	47,69	557,69	10,09	13.617,00	3,03
904	64,8	174,9	200	184,6	63,8	2,42	45,66	554,66	23,3	2.389,40	3,03
112	19,2	85,91	110	96,8	52,8	2,61	23,68	543,68	57,83	1.463,00	10,99
903	45,6	158,12	160	141	57,8	2,92	31,05	546,05	45,38	3.060,90	8,62
113	12	107,98	110	101,6	52,8	1,48	20,43	540,43	19,37	1.470,30	5,62
902	33,6	120,37	160	141	62,8	2,15	30,36	540,36	25,87	3.544,20	5,69
114	20,4	104,33	110	96,8	62,8	2,77	17,75	527,75	64,64	1.501,50	12,61
115	13,2	63,58	90	79,2	67,8	2,68	28,4	533,4	77,3	490,5	6,96
116	111,6	272,09	250	230,8	57,8	2,67	34,4	549,4	21,37	15.158,00	11,33
901	46,8	212,13	200	190,2	58,8	1,65	34,62	548,62	11,09	836,5	0,78
117	10,8	139,77	125	115,4	47,8	1,03	20,77	545,77	8,65	2.158,20	2,85
118	36	122,19	160	141	67,8	2,31	29,38	534,38	29,37	7.813,35	14,24
TOTAL										203.244,30	

Tabla 3. Diseño de la red con caudales probabilísticos

Tramo	Q línea (l/s)	D.T. (mm)	D.N.	D.I. (mm)	P.E. (m)	V (m/s)	P (m)	H (m)	J (m/km)	Coste (€)	hf (m)
915	318,36	363,58	500	475,4	49,5	1,79	47,88	571,18	4,37	28.863,70	1,62
914	33	120,45	160	147,6	51,4	1,93	46,98	568,38	20,04	1.514,80	2,81
103	7,2	62,07	75	69,2	52,8	1,91	28,7	548,7	49,21	1.004,00	19,69
913	25,8	112,24	125	115,4	33,8	2,47	22,2	561,2	42,25	1.111,80	7,18
102	18	101,25	110	101,6	32,8	2,22	20,79	560,79	40,59	50,7	0,41
104	7,8	53,8	63	58	52,8	2,95	23,05	543,05	134,49	237,6	18,16
912	298,53	356,89	400	380,4	28,8	2,63	25,51	569,51	11,51	6.868,65	1,67
101	14,4	79,97	90	83	27,8	2,66	16,58	561,58	72,16	400,4	7,94
911	289,81	353,85	400	380,4	52,8	2,55	43,25	563,25	10,89	27.237,75	6,26
910	67,57	166,05	200	190,2	56,8	2,38	40,94	556,94	21,76	3.465,50	6,31
109	12	37,17	90	83	57,8	2,22	41,43	556,43	51,67	36,4	0,52
909	56,4	157,64	200	190,2	55,8	1,99	38,62	555,62	15,61	1.015,75	1,33
110	18	113,66	125	115,4	52,8	1,72	23,82	543,82	21,86	3.531,60	11,81
908	38,4	109,4	160	141	61,8	2,46	37,35	548,35	33,07	3.544,20	7,27
108	12	52,93	90	79,2	62,8	2,44	35,1	545,1	64,9	272,5	3,25
107	26,4	98,23	125	110,2	72,8	2,77	39,52	539,52	55,19	1.572,80	8,83
907	247,13	337,95	400	380,4	54,8	2,17	44,28	562,28	8,12	5.684,40	0,97
906	32,4	102,55	160	147,6	57,8	1,89	44,76	559,76	19,38	1.406,60	2,52
105	14,4	81,26	90	79,2	62,8	2,92	24,37	534,37	90,69	1.526,00	25,39
106	18	75,17	110	96,8	67,8	2,45	43,21	548,21	51,37	1.732,50	11,56
905	227,16	329,84	400	369,4	65,8	2,12	51,35	558,35	8,01	37.396,80	3,93
111	136,8	221,12	315	290,8	62,8	2,06	45,33	555,33	10,09	13.617,00	3,03
904	63,15	177,01	200	184,6	63,8	2,36	43,44	552,44	22,22	2.389,40	2,89
112	19,2	88,05	110	96,8	52,8	2,61	21,46	541,46	57,83	1.463,00	10,99
903	45,6	161,22	160	141	57,8	2,92	28,82	543,82	45,38	3.060,90	8,62
113	12	110,12	110	101,6	52,8	1,48	18,2	538,2	19,37	1.470,30	5,62
902	33,6	123,16	160	141	62,8	2,15	28,13	538,13	25,87	3.544,20	5,69
114	20,4	106,75	110	96,8	62,8	2,77	15,53	525,53	64,64	1.501,50	12,61
115	13,2	65,1	90	79,2	67,8	2,68	26,18	531,18	77,3	490,5	6,96
116	111,6	268,85	250	230,8	57,8	2,67	32,03	547,03	21,37	15.158,00	11,33
901	46,8	209,6	200	190,2	58,8	1,65	32,25	546,25	11,09	836,5	0,78
117	10,8	138,09	125	115,4	47,8	1,03	18,4	543,4	8,65	2.158,20	2,85
118	36	124,37	160	141	67,8	2,31	27,02	532,02	29,37	7.813,35	14,24
TOTAL										181.977,30	

Se presenta el ejemplo para tres turnos de riego con agrupaciones formadas por diferentes bocas de riego. Primeramente, hay que determinar los caudales de diseño, para ello haremos uso del programa de optimización, el cual emplea algoritmos genéticos. La asignación de turnos para el diseño de la red se muestra en la figura 2. Al contar con los caudales de diseño ahora se utiliza el programa Diopram, que diseña la red mediante el criterio económico. El diseño de la red es el que se muestra en la tabla 4.

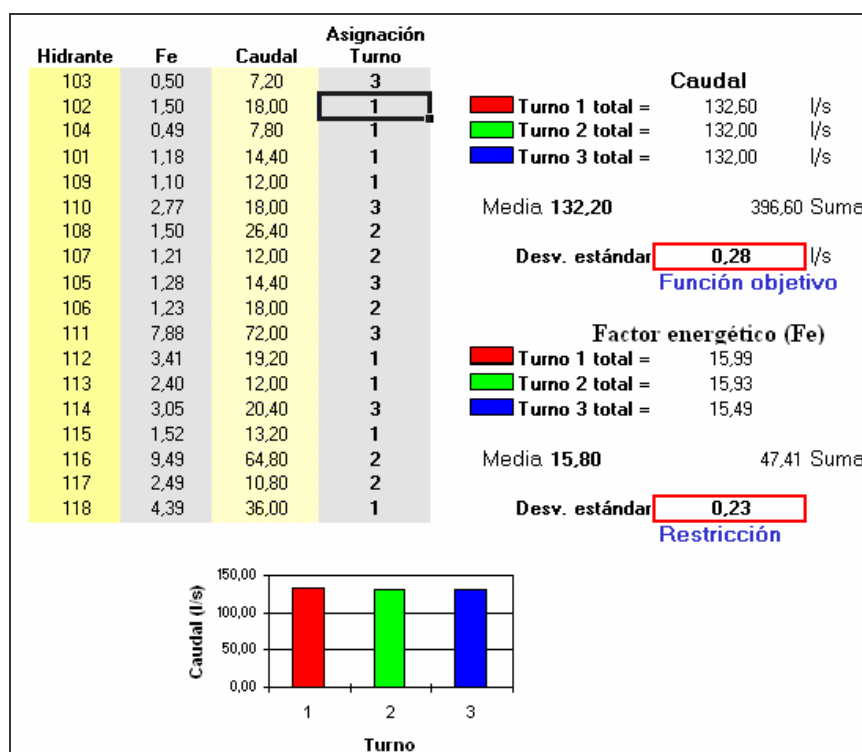


Figura 2. Asignación de los turnos de riego

Tabla 4. Diseño de la red utilizando la metodología propuesta

Tramo	Q línea (l/s)	D.T. (mm)	D.N.	D.I. (mm)	P.E. (m)	V (m/s)	P (m)	H (m)	J (m/km)	Coste (€)	hf (m)
915	132,6	264,66	315	299,6	49,5	1,88	46,45	569,75	8,24	10.881,70	3,05
914	25,8	113,24	125	115,4	51,4	2,47	42,44	563,84	42,25	915,60	5,92
103	7,2	63,96	75	69,2	52,8	1,91	24,16	544,16	49,21	1.004,00	19,69
913	25,8	113,24	125	115,4	33,8	2,47	17,66	556,66	42,25	1.111,80	7,18
102	18	102,15	110	101,6	32,8	2,22	16,25	556,25	40,59	50,7	0,41
104	7,8	55,94	63	58	52,8	2,95	18,51	538,51	134,49	237,6	18,16
912	132	264,31	315	299,6	28,8	1,87	24,57	568,57	8,17	4.264,45	1,18
101	14,4	81,7	90	83	27,8	2,66	15,63	560,63	72,16	400,4	7,94
911	132	264,31	315	299,6	52,8	1,87	43,87	563,87	8,17	16.910,75	4,7
910	38,4	137,09	200	190,2	56,8	1,35	45,63	561,63	7,73	3.465,50	2,24
109	12	36	90	83	57,8	2,22	46,12	561,12	51,67	36,4	0,52
909	38,4	137,09	160	147,6	55,8	2,24	42,38	559,38	26,46	919,70	2,25
110	18	110,36	110	101,6	52,8	2,22	17,47	537,47	40,59	2.737,80	21,92
908	38,4	107,44	160	141	61,8	2,46	41,11	552,11	33,07	3.544,20	7,27
108	12	51,34	90	79,2	62,8	2,44	38,87	548,87	64,9	272,5	3,25
107	26,4	96,46	125	110,2	72,8	2,77	43,28	543,28	55,19	1.572,80	8,83
907	106,8	248,7	250	237,6	54,8	2,41	43,82	561,82	17,1	2.270,40	2,05
906	18	85,15	110	101,6	57,8	2,22	41,55	556,55	40,59	659,10	5,28
105	14,4	79,88	90	79,2	62,8	2,92	21,16	531,16	90,69	1.526,00	25,39
106	18	76,47	110	96,8	67,8	2,45	39,99	544,99	51,37	1.732,50	11,56
905	92,4	238,56	250	230,8	65,8	2,21	47,43	554,43	15,09	14.014,00	7,39
111	92,4	198,59	250	230,8	62,8	2,21	39,91	549,91	15,09	8.580,00	4,53
904	44,4	160,89	200	184,6	63,8	1,66	39,39	548,39	11,64	2.389,40	1,51
112	19,2	92,94	110	96,8	52,8	2,61	17,41	537,41	57,83	1.463,00	10,99
903	25,2	136,82	160	141	57,8	1,61	30,49	545,49	15,29	3.060,90	2,9
113	12	110,74	110	101,6	52,8	1,48	19,87	539,87	19,37	1.470,30	5,62
902	20,4	102,3	125	110,2	62,8	2,14	27,93	537,93	34,38	2.162,60	7,56
114	20,4	102,3	110	96,8	62,8	2,77	15,33	525,33	64,64	1.501,50	12,61
115	13,2	65,25	90	79,2	67,8	2,68	25,97	530,97	77,3	490,5	6,96
116	75,6	225,22	250	230,8	57,8	1,81	33,9	548,9	10,43	15.158,00	5,53
901	36	182,13	160	147,6	58,8	2,1	33,26	547,26	23,51	757,4	1,65
117	10,8	129,29	125	115,4	47,8	1,03	19,41	544,41	8,65	2.158,20	2,85
118	36	123,42	160	141	67,8	2,31	28,02	533,02	29,37	7.813,35	14,24
TOTAL										115.533,05	

La distribución de los turnos, figura 2, es la siguiente:

Turno 1: 101, 102, 104, 109, 112, 113, 115 y 118, hidrantes en operación.

Turno 2: 106, 107, 108, 116 y 117, hidrantes en operación.

Turno 3: 103, 105, 110, 111 y 114, hidrantes en operación.

Como se pueden ver en las tablas 2, 3 y 4, el diseño más económico es el correspondiente a la metodología propuesta. El ahorro es del 75,92% con respecto al diseño con caudales acumulados y del 57,51% con respecto al diseño con caudales probabilísticos.

CONCLUSIONES

Con esta metodología se logra un importante ahorro en el diseño de la red colectiva de riego. El caudal es el parámetro más importante, y determinante, en el diseño de la red; como se refleja en los resultados de las tablas anteriores.

Aunque en el diseño obtenido con la metodología propuesta se tienen los hidrantes que funcionarán en cada turno, a la hora de operar la red los turnos pueden cambiar, siempre y cuando se mantenga la equidad en cada turno tanto en los caudales como en el factor energético. El factor energético es un parámetro importantísimo, tanto al momento de diseñar la red como en la operación de la misma.

El ejemplo presentado es una red que funciona por gravedad, cuando la metodología se aplica a una red que necesita una bomba para su funcionamiento, se logra que para una misma carga piezométrica en la bomba, para todos los turnos, la presión en cada hidrante se acerque lo más posible a la presión mínima de diseño.

Con el ahorro de dinero a la hora de construir la red es posible canalizarlo hacia la compra de dispositivos ahorradores de agua, como lo es el riego localizado. Otra manera de ahorrar, es la disminución de las necesidades hídricas de las plantas, lo cual se logra al colocar en los parques y jardines plantas autóctonas de la zona.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Clément, R.; Galand, A. *El riego por aspersión y las redes colectivas de distribución a presión*. Editores Técnicos Asociados, S.A. Barcelona, 1986.

Domene, G.E.; Saurí, P.D. *Modelos urbanos y consumo de agua. El riego de jardines privados en la región metropolitana de Barcelona*. Anales de la Universidad de Alicante, número 32. Instituto Universitario de Geografía. Septiembre-diciembre, 2003.

Granados, A. *Infraestructura de Regadíos. Redes colectivas de riego a presión*. Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Madrid. Segunda edición, 1990.

Grupo Multidisciplinar de Modelación de Fluidos. *Curso de diseño de redes de riego mediante el programa DIOPRAM*. Valencia, 2004.

Labye, Y. et al. *Design and optimization of irrigation distribution networks*. Food and agriculture Organization of the United Nations. Roma, 1988.

Lara, L.B. “*Determinación de los Caudales de Diseño en Redes Colectivas de Riego*”. Trabajo de Investigación para obtener el Diploma de Estudios Avanzados. Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente. Universidad Politécnica de Valencia. España, 2004.

Lara, L.B.; Pérez, G.R. “*Uso Eficiente de Turnos de Riego para el Diseño Óptimo de Redes Colectivas*”. Seminario Hispano-Brasileño de Planificación, Proyecto y Operación de Redes de Abastecimiento de Agua. Valencia, España, 2004.