

# REGADÍOS

EFICIENCIA EN COMUNIDADES DE RIEGO

## Establecimiento de turnos en redes de riego a la demanda restringida

**P. Planells**

Doctor Ingeniero Industrial. Centro Regional de Estudios del Agua (CREA). UCLM. Albacete

**M.A. Moreno**

Doctor Ingeniero Agrónomo. Centro Regional de Estudios del Agua (CREA). UCLM. Albacete

**J.M. Tarjuelo**

Doctor Ingeniero Agrónomo. Centro Regional de Estudios del Agua (CREA). UCLM. Albacete

En este trabajo se plantea el cálculo de los tiempos de inicio de los riegos de las parcelas con una demanda restringida, donde el agricultor decide el día y el tiempo de riego, fijando la gestora de la comunidad de regantes los tiempos de inicio que producen un caudal próximo al continuo en cabecera, eliminándose de esta forma los picos de consumo y disminuyendo la potencia necesaria en cabecera, trabajando la estación de bombeo (EB) en puntos de mejor rendimiento al tener menores oscilaciones de caudal.

**A** pesar de las ventajas de la utilización de redes de riego a la demanda, la aleatoriedad de puesta en funcionamiento de los hidrantes, da lugar a caudales elevados en ciertos periodos de la jornada efectiva de riego (JER) con el consiguiente aumento de la potencia necesaria de la estación de bombeo, potencia máxima utilizada en cortos periodos de tiempo.

El método propuesto en este trabajo se basa en la generación de curvas aleatorias de de-

manda, CAD, eligiéndose dentro de dicho conjunto aquellas que estén próximas al caudal continuo y, de las elegidas, la que necesita menor altura en cabecera de la red.

En una red de riego a la demanda, establecidas las dota-

**// CON EL ESTABLECIMIENTO DE TURNOS DE RIEGO, SE EVITA LA ACUMULACIÓN DE CAUDALES EN CIERTOS INTERVALOS HORARIOS DE LA JORNADA EFECTIVA DE RIEGO (JER) //**

ciones y dimensionada la estación de bombeo (EB), se puede presentar el fallo de la misma en ciertos periodos anuales, debido a los aumentos de tiempos de riego por el incremento de las necesidades de los cultivos o por la incorporación de nuevas tomas, lo que da lugar a un aumento del caudal en cabecera y en las líneas de la red siendo necesaria en cabecera una mayor potencia que debe suministrar la EB, produciéndose posibles fallos si la EB no está correctamente dimensionada.

Para evitar la acumulación de caudales en ciertos periodos de la JER se establecen turnos de riego, basados fundamentalmente en la experiencia de los gestores de la red. El establecimiento de estos turnos de riego puede dar lugar a unos caudales máximos y mínimos bastante alejados del caudal continuo en cabecera (Volumen/JER)

Al ser conocidos los caudales, tiempos de inicio y duración del riego de cada una de las tomas, se puede determinar en cada uno de los intervalos horarios la altura necesaria en cabecera, mediante una simulación hidráulica (Epanet), comprobando que la puede suministrar la estación de bombeo, en cuyo caso se aceptan los tiempos de inicio generados.

En este trabajo no se determi-

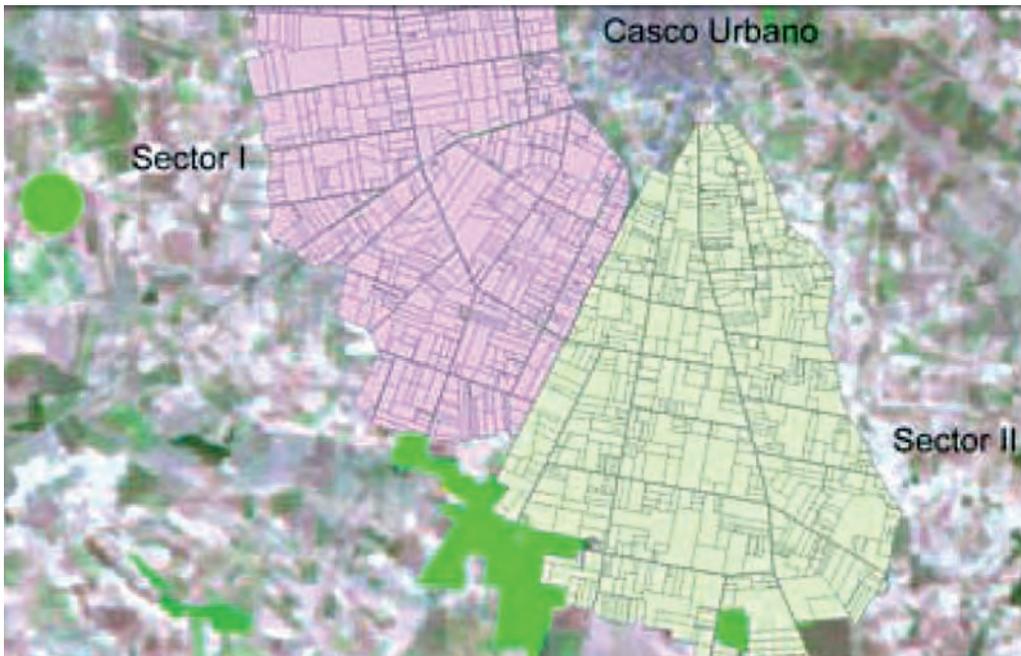
na la curva de demanda óptima que coincidiría con el caudal continuo sino las curvas acotadas entre un caudal máximo y mínimo en cabecera definidos por el gestor de red, eligiendo la curva que necesita menor altura en cabecera para el caudal máximo de la misma.

### CURVAS DE DEMANDA DE RIEGO

Para la generación y elección de curvas aleatorias de demanda se siguen los siguientes pasos, obteniéndose como resultado los tiempos de inicio y finalización del riego de cada una de las parcelas.

1. Definir las dotaciones y tiempo de riego basándose en peticiones de usuarios.
2. Generar aleatoriamente el inicio del tiempo de riego, sumar el tiempo de riego de la parcela para obtener el tiempo final de riego.
3. Sumar los caudales de cada intervalo horario.
4. Comprobar que el caudal máximo de la curva es inferior a un caudal dado y que el caudal menor es superior a un caudal dado, si no se cumple generar una nueva curva.
5. Si se cumple que la curva está en los límites anteriores, determinar mediante Epanet la altura en cabecera para cada intervalo horario.
6. Comprobar que la EB puede proporcionar los caudales y alturas de todos los intervalos horarios.
7. Si se verifica lo anterior dar como válida la curva, en caso contrario generar una nueva curva.

FIGURA 1 / Localización de los sectores de riego de la CCRR analizada



8. Se repite el proceso anterior generando un conjunto de soluciones, eligiendo la mejor, que proporciona los tiempos de inicio de riego de los hidrantes.

**LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA ESTACIÓN DE RIEGO**

Para validar la anterior metodología se ha utilizado una red de riego a la demanda situada en Tarazona de La Mancha Sector II (Albacete) (Figura 1). Utilizando la hoja de calculo EXCEL con programación en Visual Basic.

La red riega 494,1 ha. El agua es extraída de tres sondeos y almacenada en un embalse de 48.000 m<sup>3</sup>. Desde éste, el agua es impulsada a la red de riego mediante una estación de bombeo compuesta por nueve bombas de 140 CV acopladas en paralelo, el número de hidrantes es de 293.

El principal sistema de riego existente es aspersión en cobertura total enterrada, coexistiendo con algunas parcelas en las que se ha instalado riego por goteo, que ocupan el 5% del área total.

**RESULTADOS**

A continuación se muestra la implementación en Excel de la anterior metodología y la determinación de los tiempos de inicio de riego de las tomas que producen unos caudales cercanos a los continuos en cabecera.

En la Figura 2 se muestra la Hoja de Excel que calcula los tiempos de inicio (aleatorios) y los finales de riego de las parcelas que proporcionan un caudal en cabecera próximo al continuo durante la JER.

Definidas las dotaciones y los tiempos de riego de las parcelas

(función del tipo de cultivo y de la época del año) se genera aleatoriamente los tiempos de inicio de riego de las parcelas sumando posteriormente los tiempos de riego dando como resultado el tiempo final de riego.

Para cada intervalo de tiempo, se suman los caudales en ese intervalo lo que proporciona para cada intervalo el caudal en cabecera de la red.

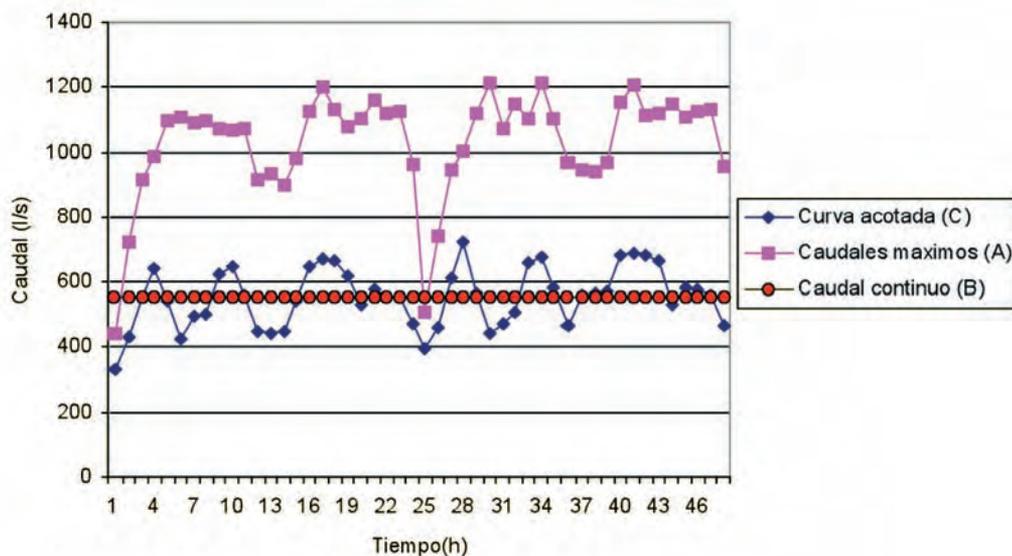
En la Figura 3 se representan gráficamente los caudales máximos en cabecera de todas las CAD generadas como función del tiempo (curva A), el caudal continuo (Volumen a suministrar/ JER) curva B (caudal 554 lps) y la curva aleatoria de demanda elegida que cumple una serie de especificaciones (caudal máximo en cabecera por debajo de 720 lps y caudal mínimo por encima de 395 lps. Curva (C).

En la Figura 4 se ha representado la curva acotada (C) y una de las curvas aleatorias de demanda cuyo caudal máximo (punto (1) es de (1.112 l/s) y suministra el mismo volumen (96.078 m<sup>3</sup>) que la curva acotada (C) y la recta (B) que

FIGURA 2 / Ejemplo de resultados en Excel del proceso de cálculo

	TIEMPO (h)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4	396	4	89,6	1	4	89,6	0	0	0	0	0
5	296	5	84	1	4	84	0	0	0	0	0
6	229	4	14,9	1	4	14,9	0	0	0	0	0
7	266	5	30,8	1	5	30,8	0	0	0	0	0
8	281	5	42	1	5	42	0	0	0	0	0
9	136	4	18,6	1	4	18,6	0	0	0	0	0
10	205	5	17,8	1	5	17,8	0	0	0	0	0
11	170	4	22,5	1	4	22,5	0	0	0	0	0
12	74	5	120,6	1	5	120,6	0	0	0	0	0
13	76	4	14,1	1	4	14,1	0	0	0	0	0
14	85	5	29,8	1	5	29,8	0	0	0	0	0
15	150	2	15,3	1	2	15,3	0	0	0	0	0
16	290	2	17	1	2	17	0	0	0	0	0
17	5	2	7,1	1	2	7,1	0	0	0	0	0
18	340	2	5,3	1	2	5,3	0	0	0	0	0
19	395	5	29,2	2	6	0	29,2	29,2	29,2	29,2	0
20	368	4	78,4	2	5	0	78,4	78,4	78,4	78,4	0
21	6	5	86,8	2	6	0	86,8	86,8	86,8	86,8	0
22	58	4	8	2	5	0	8	8	8	8	0
23	56	5	67	2	6	0	67	67	67	67	0
24	120	4	15	2	5	0	15	15	15	15	0
25	8	2	296	2	3	0	296	296	0	0	0
26	263	2	19,2	2	3	0	19,2	19,2	0	0	0
27	343	4	27	3	6	0	0	27	27	27	0
28	355	4	17,2	3	6	0	0	17,2	17,2	17,2	0
29	360	5	10,6	3	7	0	0	10,6	10,6	10,6	0
30	288	5	27,4	3	7	0	0	27,4	27,4	27,4	0
31	244	5	31,4	3	7	0	0	31,4	31,4	31,4	0
32	248	5	15,9	3	7	0	0	15,9	15,9	15,9	0
33	127	5	52,2	3	7	0	0	52,2	52,2	52,2	0
34	2	5	66,6	3	7	0	0	66,6	66,6	66,6	0
35	175	4	5	3	6	0	0	5	5	5	0
36	191	5	110,8	3	7	0	0	110,8	110,8	110,8	0
37	128	2	6	3	4	0	0	6	6	6	0
38	36	2	14,1	3	4	0	0	14,1	14,1	0	0
39	281	4	14,2	4	7	0	0	0	14,2	14,2	0
40	300	5	24,2	4	8	0	0	0	24,2	24,2	24,2
41	241	4	16,6	4	7	0	0	0	16,6	16,6	16,6
263											
Caudal (l/s)		609,4	1195	1522,5	1465,7	1520,9	1421,6	1240,4	1368,7	1551,6	1242

FIGURA 3 / Caudales máximos de las CAD generadas y su comparación con la curva acotada resultante y el caudal continuo



representa el caudal continuo (556 l/s).

Se han simulado en Epanet, las curvas (A) y (C), obteniendo en el punto (1) 1.112 l/s y en el punto (2) 721 l/s, obteniéndose unas presiones en cabecera de 70 y 57 m.c.a. respectivamente, para que en el nudo más desfavorable la presión sea de 45 m.c.a.

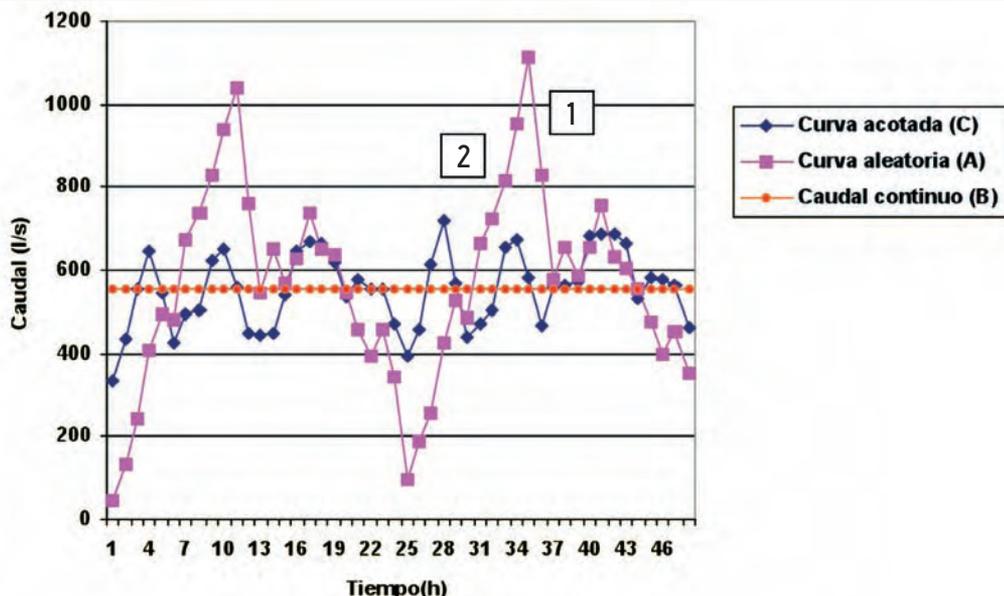
La potencia necesaria de la estación de bombeo para el punto (1) es de 763,61 kW y para el punto (2), una vez establecidos los turnos de riego a

**// CONOCIDOS LOS CAUDALES, TIEMPOS DE INICIO Y DURACIÓN DEL RIEGO DE LAS TOMAS, PUEDE DETERMINARSE EN CADA UNO DE LOS INTERVALOS HORARIOS LA ALTURA NECESARIA EN CABECERA, MEDIANTE UNA SIMULACIÓN HIDRÁULICA (EPANET) //**

partir de la curva acotada, es de 403,16 kW. Variando las revoluciones de las bombas o el número de bombas en funcionamiento se puede conseguir que el punto de funcionamiento de la

EB sea el punto (2), con la consiguiente disminución de la potencia contratada y el ahorro energético que se consigue al trabajar la estación de bombeo con mejores rendimientos.

FIGURA 4 / Curva acotada resultante y comparación con una curva aleatoria



**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

- Se utiliza la EB en los mejores puntos de rendimiento y de diseño.
- Se puede adaptar la JER a periodos tarifarios más económicos.
- Es flexible al poder elegir el agricultor el día y el tiempo de riego hasta que se cubra el volumen máximo admisible de la JER.
- Se puede ampliar la zona regable al aumentar el volumen que se puede suministrar.
- Se pueden definir sectores o agrupar tomas con diferentes sistemas de riego (goteo, aspersión, abastecimiento) y necesidades de presión en cabecera, estableciendo diferentes periodos de riego para cada uno de ellos.
- Con el establecimiento de turnos, se elimina la acumulación de caudales en ciertos intervalos horarios de la JER.
- Si se consideran diferentes periodos anuales, el número de bombas en funcionamiento simultáneo se puede determinar en función del volumen a suministrar (fijada la JER).
- Se puede elegir una curva de demanda que cumpla diferentes especificaciones (multiobjetivo) acotadas por el usuario (caudales, alturas, potencias, energía).
- Se utiliza software comercial transparente y de fácil implementación (Excel y Epanet).

**BIBLIOGRAFÍA**

Planells P., Carrión P.A., Ortega J.F, Moreno M.A., Tarjuelo J.M., 2005. Pumping selection and regulation for water distribution networks. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. 131(3):273-281.

Planells, P. y Tarjuelo, J.M. 2001. Generación aleatoria de curvas de demanda y sus aplicaciones. XIX Congreso Nacional de Riegos. Zaragoza, 12 a 14 de junio de 2001.