

Estimación de las intensidades máximas para el diseño y dimensionamiento de los drenajes de parques forestales urbanos. Estudio del entorno de la Ciudad Universitaria de Madrid

**Estimation of the maximum intensities for the design and dimensioning
of the drainages of urban forest parks.
Study of the area near the University City of Madrid**

Robredo Sánchez, J.C.*; García Rodríguez, J.L. y García Gómez, J.

*Departamento de Ingeniería y Gestión Forestal y Ambiental. E.T.S.I. de Montes Forestal y del Medio Natural.
Universidad Politécnica de Madrid. C/ José Antonio Novais, 10. 28040 Madrid*

Autor para correspondencia: josecarlos.robredo@upm.es

Resumen

La estimación de los caudales de cálculo para dimensionar los drenajes en parques forestales urbanos es de gran importancia por varias razones. En primer lugar por la presión social a la que están sometidos, que da lugar a superficies más compactadas y con menos cobertura vegetal en comparación con áreas naturales, y en segundo lugar por la necesidad de controlar las escorrentías que se generan, y los arrastres correspondientes, y evacuarlas adecuadamente para evitar problemas de inundación en el entorno urbano existente. Dado el tamaño limitado de estas áreas es importante partir de una buena estimación de las intensidades máximas que ocasionan las escorrentías superficiales, y detallar bien los valores de caudal que se generan en cada punto, para diseñar y dimensionar adecuadamente la red de drenaje, minimizando su tamaño y evitando su colmatación. Las lluvias acaecidas a primeros de julio de 2017 en Madrid pusieron de manifiesto la necesidad de dimensionar adecuadamente estas estructuras. En este trabajo se analiza la bondad de las fórmulas de intensidad-duración habitualmente utilizadas para la estimar los valores de intensidad máxima y se propone una corrección para el área de Madrid con el fin de adecuar los valores utilizados al adecuado dimensionamiento de la red de drenaje.

Palabras clave: Curvas IDF, escorrentía superficial, caudales máximos, aterramiento.

Abstract

The estimation of the calculation flows to size the drainages in urban forest parks is of great importance for several reasons. First of all because of the social pressure to which they are subjected, which results in more compacted surfaces with less vegetation compared to natural areas, and secondly by the need to control the runoff that is generated, and the corresponding trawls, and evacuate them adequately to avoid flooding problems in the existing urban environment. Given the limited size of these areas, it is important to start with a good estimate of the maximum intensities caused by surface runoff, and to detail well the flow values __that are generated in each point, to design and properly dimension the drainage network, minimizing its size and avoiding its clogging. The rains that occurred at the beginning of July 2017 in Madrid highlighted the need to adequately size these structures. This paper analyzes the goodness of the intensity-duration formulas usually used to estimate the maximum intensity values __and proposes a correction for the Madrid area in order to adapt the values __used to the appropriate dimensioning of the drainage network.

Keywords: IDF curves, surface runoff, maximum flow, silting.

1. Introducción

El drenaje de las superficies es una cuestión complicada e importante en la gestión urbana y periurbana de parques forestales. Existe mucha superficie impermeable o con poca capacidad de infiltración debido a la deficiente cobertura vegetal y a la compactación del terreno como consecuencia de un elevado tránsito peatonal. Por otro lado, las superficies vertientes a los drenajes son pequeñas, pero responden rápidamente a intensidades de precipitación que pueden ser muy elevadas en cortos periodos de tiempo. Es importante estimar adecuadamente las intensidades máximas que se puedan producir en estos reducidos intervalos temporales para dimensionar adecuadamente las estructuras de evacuación. Los drenajes reciben una escorrentía superficial con gran cantidad de arrastres procedentes de la erosión producida por las precipitaciones, y consecuentes caudales, localmente intensas. Es necesario disminuir este aporte sólido o dimensionar adecuadamente las estructuras para evitar su atarramiento y pérdida de funcionalidad. El problema no es tanto la cantidad de lluvia si no las intensidades que en cortos periodos de tiempo puedan alcanzarse.

Las expresiones utilizadas habitualmente para estimar los valores de intensidad máxima se aplican usualmente en cuencas de cierta magnitud y es necesario comprobar su correcto funcionamiento en áreas reducidas, con tiempos de respuesta muy cortos, como las que componen las microcuencas vertientes en parques urbanos.

Un buen ejemplo de esta problemática es la precipitación extraordinaria que tuvo lugar en Madrid los días 6 y 7 de julio de 2017, que, sin ser una precipitación en 24 horas de una magnitud fuera de lo común, originó unos problemas de inundación muy importantes.

2. Material y métodos

Para analizar el régimen de precipitaciones extraordinarias que inciden sobre el área analizada se van a utilizar los datos registrados en dos estaciones meteorológicas:

- Estación de la red nacional número 3194U, Madrid Ciudad Universitaria, de la que se dispone de datos diarios entre 1972-1985 y 1997-2009.
- Estación DAVIS VANTAGE PRO 2 instalada en la E.T.S.I. de Montes, Forestal y del Medio Natural (*Figura 1*), que registra datos cada 5 minutos desde 2010.

En la *Tabla 1* se muestran las precipitaciones máximas en 24 horas correspondientes a todos los meses de los años registrados en las dos estaciones señaladas. Desde 1972 hasta 2009 las dos series de años registrados en la estación 3194U y a partir de 2010 los años registrados en la estación DAVIS de la E.T.S.I. de Montes, Forestal y del Medio Natural.



Figura 1.

Como ya se ha comentado en la introducción, el evento registrado los días 6 y 7 de julio de 2017 ha ocasionado importantes problemas de inundación en múltiples puntos de la ciudad, a pesar de no ser un evento de los mayores registrados desde 1972, como se aprecia en la *Tabla 1*. Si ajustamos la función Gumbel de valores extremos a los registros máximos anuales de precipitación diaria vemos que a dicho valor le corresponde un periodo de retorno de 2,5 años (*Figura 2*).

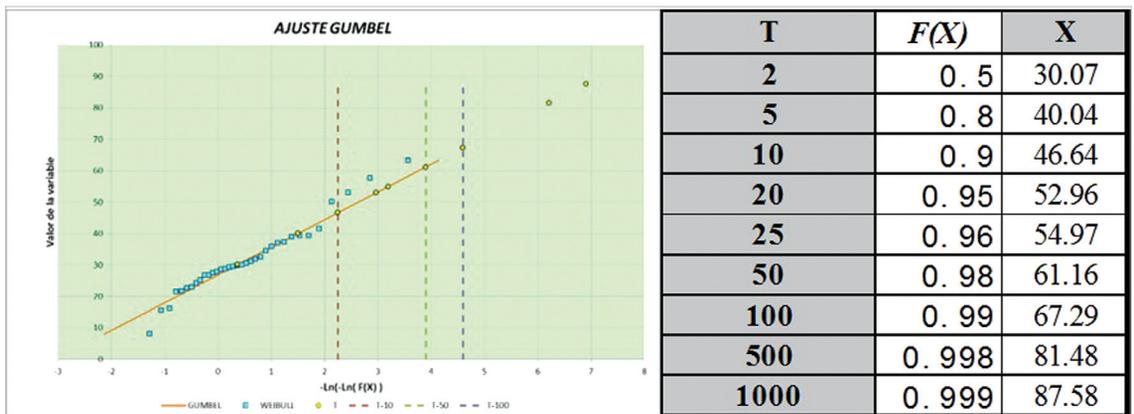


Figura 2.

Tabla 1. Precipitaciones máximas diarias de cada mes (mm) en el periodo analizado.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	P _{max} 24h anual	P24 ordenada
1972	16,9					4,0	20,8	0,0	63,3	27,4	43,6	21,6	63,3	2009 8,1
1973	23,3	0,4	11,7	3,2	16,1	9,1	8,4	2,7	0,0	6,3	18,4	26,9	26,9	1985 15,6
1974	12,2	9,0	12,6	10,5	12,2	9,6	5,4	1,4	0,2	6,8	26,8	7,0	26,8	2005 16,2
1975	41,5	16,0	5,7	27,2	9,5	7,1	0,0	8,3	9,2	2,3	12,9	34,9	41,5	1983 21,5
1976	8,6	13,7	8,3	19,1	14,0	7,3	6,2	15,1	22,6	11,2	9,7	27,8	27,8	2014 21,6
1977	14,1	11,2	5,6	7,6	13,7	18,7	5,7	8,4	8,6	16,9	11,5	34,5	34,5	2000 22,7
1978	6,0	13,2	21,1	17,2	53,0	18,7	0,0	0,0	3,6	8,6	27,7	31,0	53,0	2016 23,0
1979	38,9	29,5	5,8	18,4	4,4	7,5	23,6	0,0	2,8	14,7	6,0	9,6	38,9	1981 24,3
1980	7,0	9,0	18,9	12,8	37,0	12,8	0,0	7,8	6,6	13,7	18,0	0,5	37,0	2015 25,2
1981	1,3	15,5	12,8	18,0	11,6	6,0	17,7	3,6	7,8	0,2	0,1	24,3	24,3	1974 26,8
1982	9,6	24,0	12,1	4,7	16,1	15,3	16,3	7,6	14,0	11,2	50,1	2,7	50,1	1973 26,9
1983	0,0	4,4	1,6	14,4	16,3	0,2	0,0	19,2	6,9	3,6	21,5	14,7	21,5	2012 27,6
1984	6,8	20,4	11,4	9,0	20,0	9,7	0,0	7,2	1,9	9,1	39,4	5,2	39,4	1976 27,8
1985	13,8	9,5	6,2	12,3	10,1				0,0	0,0	8,1	15,6	15,6	2011 28,6
1997	17,8	0,4	0,0	21,9	20,3	6,5	15,5	10,3	8,3	6,4	57,7	15,1	57,7	2002 28,7
1998	9,0	26,0	0,0	1,9	29,5	18,4	0,0	17,8	0,0	0,5	22,1	0,1	29,5	2004 29,3
1999					4,8	2,6	11,7	2,3	15,4	18,5	37,3	23,8	37,3	1998 29,5
2000						1,4	3,7	0,0	7,7	7,5	22,7	6,6	22,7	2010 29,8
2001	14,8	2,4	14,8	4,4	21,6	5,1	2,7	1,4	16,9	31,1	4,7	15,5	31,1	2013 30,0
2002	16,5	4,6	16,8	15,4	18,2	18,3	2,1	9,8	6,2	28,7	6,9	22,6	28,7	2007 30,6
2003	12,5	14,0	23,2	17,6	3,6	0,5	0,0	5,4	8,7	39,4	31,4	14,2	39,4	2001 31,1
2004	5,0	19,4	21,4	17,5	29,3	23,2	5,3	11,1	3,6	27,5	14,1	5,4	29,3	2006 31,9
2005	0,0	16,2					0,0	1,2	2,5	14,4	0,6	13,9	16,2	2017 32,6
2006	2,0	0,5		0,2	11,3	3,3	3,0	8,5	4,4	18,7	31,9		31,9	1977 34,5
2007	9,6	20,9	7,3	16,7	30,6	6,6	0,0	11,0	3,7	16,0	27,8		30,6	2008 35,9
2008	0,0	0,0	0,0	0,0	17,2	13,7	0,2	0,7	7,4	35,9	0,9		35,9	1980 37,0
2009		0,8	8,1	5,4	0,0								8,1	1999 37,3
2010	8,6	27,0	18,4	13,4	17,6	20,6	8,2	1,8	1,8	29,8	10,6	26,6	29,8	1979 38,9
2011	14,4	15,2	13,4	28,6	28,6	14,8	0,0	5,8	0,0	22,2	21,6	2,8	28,6	1984 39,4
2012	7,2	3,4	25,8	12,2	14,0	0,4	13,4	0,0	27,6	22,4	25,4	2,6	27,6	2003 39,4
2013	16,2	4,2	13,4	30,0	9,2	4,0	2,8	0,2	10,8	12,4	8,8	20,0	30,0	1975 41,5
2014	12,6	14,6	20,6	14,8	8,6	6,4	2,8	0,0	6,4	20,0	21,6	19,2	21,6	1982 50,1
2015	5,0	5,2	18,4	15,4	0,0	23,0	10,0	20,2	8,0	16,2	25,2	2,2	25,2	1978 53,0
2016	10,8	13,0	12,4	23,0	18,2	1,2	6,0	0,0	2,2	18,2	22,4	15,6	23,0	1997 57,7
2017	19,4	11,4	4,4	3,6	16,8	4,8	32,6	18,4					32,6	1972 63,3

Sin embargo, lo que sí ha sido bastante extraordinario es que haya ocurrido en el mes de julio. En la *Tabla 2* se muestran los valores máximos por meses ordenados de menor a mayor. La precipitación en cuestión es la mayor, con diferencia, de las registradas en dicho mes. Si realizamos un ajuste de valores máximos solo para las precipitaciones del mes de julio vemos que le corresponde una recurrencia de 80 años (*Figura 3*).

Tabla 2 Precipitaciones máximas diarias de cada mes (mm) en el periodo analizado, ordenadas de menor a mayor. En julio de 2017 se ha distinguido entre la precipitación del día que más llovió y la precipitación en 24 horas.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC												
1983	0,0	2008	0,0	1997	0,0	2008	0,0	2009	0,0	1983	0,2	1975	0,0	1972	0,0	1973	0,0	1985	0,0	1981	0,1	1999	0,1	
2005	0,0	1973	0,4	1998	0,0	2006	0,2	2015	0,0	2012	0,4	1978	0,0	1978	0,0	1985	0,0	1981	0,2	2005	0,6	1980	0,5	
2008	0,0	1997	0,4	2008	0,0	1999	1,9	2003	3,6	2003	0,5	1980	0,0	1979	0,0	1998	0,0	1998	0,5	2008	0,9	2015	2,2	
1981	1,3	2006	0,5	1983	1,6	1973	3,2	1979	4,4	2016	1,2	1983	0,0	2000	0,0	2011	0,0	1975	2,3	2001	4,7	2012	2,6	
2006	2,0	2009	0,8	2017	4,4	2017	3,6	1999	4,8	2000	1,4	1984	0,0	2012	0,0	1974	0,2	1983	3,6	1979	6,0	1982	2,7	
2004	5,0	2001	2,4	1977	5,6	2001	4,4	2014	8,6	1999	2,6	1998	0,0	2014	0,0	2010	1,8	1973	6,3	2002	6,9	2011	2,8	
2015	5,0	2012	3,4	1975	5,7	1982	4,7	2013	9,2	2006	3,3	2003	0,0	2016	0,0	1984	1,9	1997	6,4	1985	8,1	1984	5,2	
1978	6,0	2013	4,2	1979	5,8	2009	5,4	1975	9,5	1972	4,0	2005	0,0	2013	0,2	2016	2,2	1974	6,8	2013	8,8	2005	5,4	
1984	6,8	1983	4,4	1985	6,2	1977	7,6	1985	10,1	2013	4,0	2007	0,0	2008	0,7	2005	2,5	2000	7,5	1976	9,7	2001	6,6	
1980	7,0	2002	4,6	2007	7,3	1984	9,0	2006	11,3	2017	4,8	2011	0,0	2005	1,2	1979	2,8	1978	8,6	2010	10,6	1974	7,0	
2012	7,2	2015	5,2	2009	8,1	1974	10,5	1981	11,6	2001	5,1	2008	0,2	1974	1,4	1978	3,6	1984	9,1	1977	11,5	1979	9,6	
1976	8,6	1974	9,0	1976	8,3	2012	12,2	1974	12,2	1981	6,0	2002	2,1	2001	1,4	2004	3,6	1976	11,2	1975	12,9	2006	13,9	
2010	8,6	1980	9,0	1984	11,4	1985	12,3	1977	13,7	2014	6,4	2001	2,7	2010	1,8	2007	3,7	1982	11,2	2004	14,1	2004	14,2	
1998	9,0	1985	9,5	1973	11,7	1980	12,8	1976	14,0	1997	6,5	2013	2,8	1999	2,3	2006	4,4	2013	12,4	1980	18,0	1983	14,7	
1982	9,6	1977	11,2	1982	12,1	2010	13,4	2012	14,0	2007	6,6	2014	2,8	1973	2,7	2002	6,2	1980	13,7	1973	18,4	1997	15,1	
2007	9,6	2017	11,4	2016	12,4	1983	14,4	1973	16,1	1975	7,1	2006	3,0	1981	3,6	2014	6,4	2005	14,4	1983	21,5	2002	15,5	
2016	10,8	2016	13,0	1974	12,6	2014	14,8	1982	16,1	1976	7,3	2000	3,7	2003	5,4	1980	6,6	1979	14,7	2011	21,6	1985	15,6	
1974	12,2	1978	13,2	1981	12,8	2002	15,4	1983	16,3	1979	7,5	2004	5,3	2011	5,8	1983	6,9	2007	16,0	2014	21,6	2016	15,6	
2003	12,5	1976	13,7	2011	13,4	2015	15,4	2017	16,8	1973	9,1	1974	5,4	1984	7,2	2008	7,4	2015	16,2	1998	22,1	2014	19,2	
2014	12,6	2003	14,0	2013	13,4	2007	16,7	2008	17,2	1974	9,6	1977	5,7	1982	7,6	2000	7,7	1977	16,9	2016	22,4	2013	20,0	
1985	13,8	2014	14,6	2001	14,8	1978	17,2	2010	17,6	1984	9,7	2016	6,0	1980	7,8	1981	7,8	2016	18,2	2000	22,7	1972	21,6	
1977	14,1	2011	15,2	2002	16,8	2004	17,5	2002	18,2	1980	12,8	1976	6,2	1975	8,3	2015	8,0	1999	18,5	2015	25,2	2003	22,6	
2011	14,4	1981	15,5	2010	18,4	2003	17,6	2016	18,2	2008	13,7	2010	8,2	1977	8,4	1997	8,3	2006	18,7	2012	25,4	2000	23,8	
2001	14,8	1975	16,0	2015	18,4	1981	18,0	1984	20,0	2011	14,8	1973	8,4	2006	8,5	1977	8,6	2014	20,0	1974	26,8	1981	24,3	
2013	16,2	2005	16,2	1980	18,9	1979	18,4	1997	20,3	1982	15,3	2015	10,0	2002	9,8	2003	8,7	2011	22,2	1978	27,7	2010	26,6	
2002	16,5	2004	19,4	2014	20,6	1976	19,1	2001	21,6	2002	18,3	1999	11,7	1997	10,3	1975	9,2	2012	22,4	2007	27,8	1973	26,9	
1972	16,9	1984	20,4	1978	21,1	1997	21,9	2011	28,6	1998	18,4	2012	13,4	2007	11,0	2013	10,8	1972	27,4	2003	31,4	1976	27,8	
1997	17,8	2007	20,9	2004	21,4	2016	23,0	2004	29,3	1977	18,7	1997	15,5	2004	11,1	1982	14,0	2004	27,5	2006	31,9	1978	31,0	
2017	19,4	1982	24,0	2003	23,2	1975	27,2	1998	29,5	1978	18,7	1982	16,3	1976	15,1	1999	15,4	2002	28,7	1999	37,3	1977	34,5	
1973	23,3	1998	26,0	2012	25,8	2011	28,6	2007	30,6	2010	20,6	1981	17,7	1998	17,8	2001	16,9	2010	29,8	1984	39,4	1975	34,9	
1979	38,9	2010	27,0			2013	30,0	1980	37,0	2015	23,0	1972	20,8	2017	18,4	1976	22,6	2001	31,1	1972	43,6			
1975	41,5	1979	29,5					1978	53,0	2004	23,2	1979	23,6	1983	19,2	2012	27,6	2008	35,9	1982	50,1			
													2017	32,6	2015	20,2	1972	63,3	2003	39,4	1997	57,7		
													2017	38,8	Valor en 24 horas entre el 6 y el 7 de julio									

En la estación DAVIS de la ETSIMFMN se registraron estas precipitaciones con un intervalo temporal de 5 minutos, lo cual nos permite analizar las intensidades máximas que se produjeron en intervalos muy cortos. Los valores correspondientes al

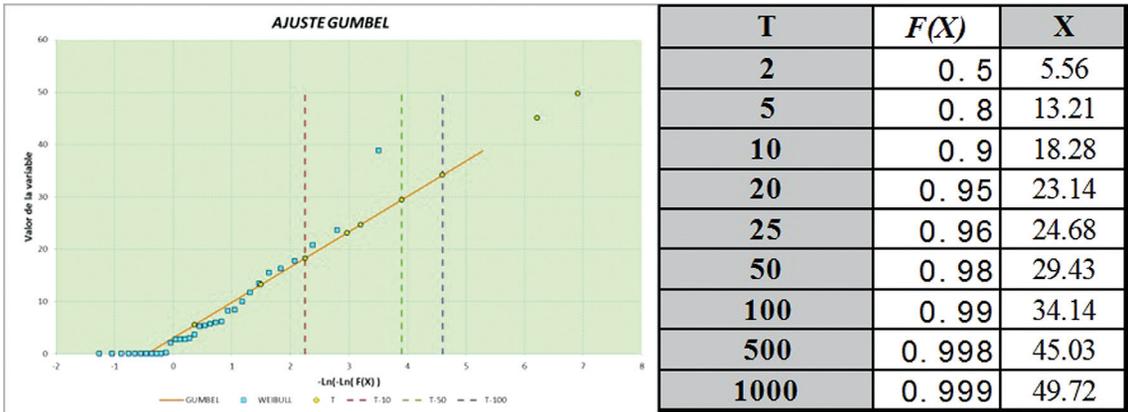


Figura 3.

intervalo de 5 minutos fueron de tal magnitud que desbordó el balancín del pluviógrafo y no quedaron bien reflejados. Esta cuestión se puede apreciar en la gráfica (Figura 4), con un valor por debajo del esperable según la tendencia, y se constata porque en el pluviómetro situado en las proximidades del pluviógrafo (Figura 1) se registró una cantidad mayor de precipitación. Según las lecturas, desde el 26 de junio hasta el 10 de julio el pluviógrafo registró 48,8 mm mientras que en el pluviómetro se registraron 56,3 mm. Suponiendo que 3 mm de esta diferencia pudieran haber pre-

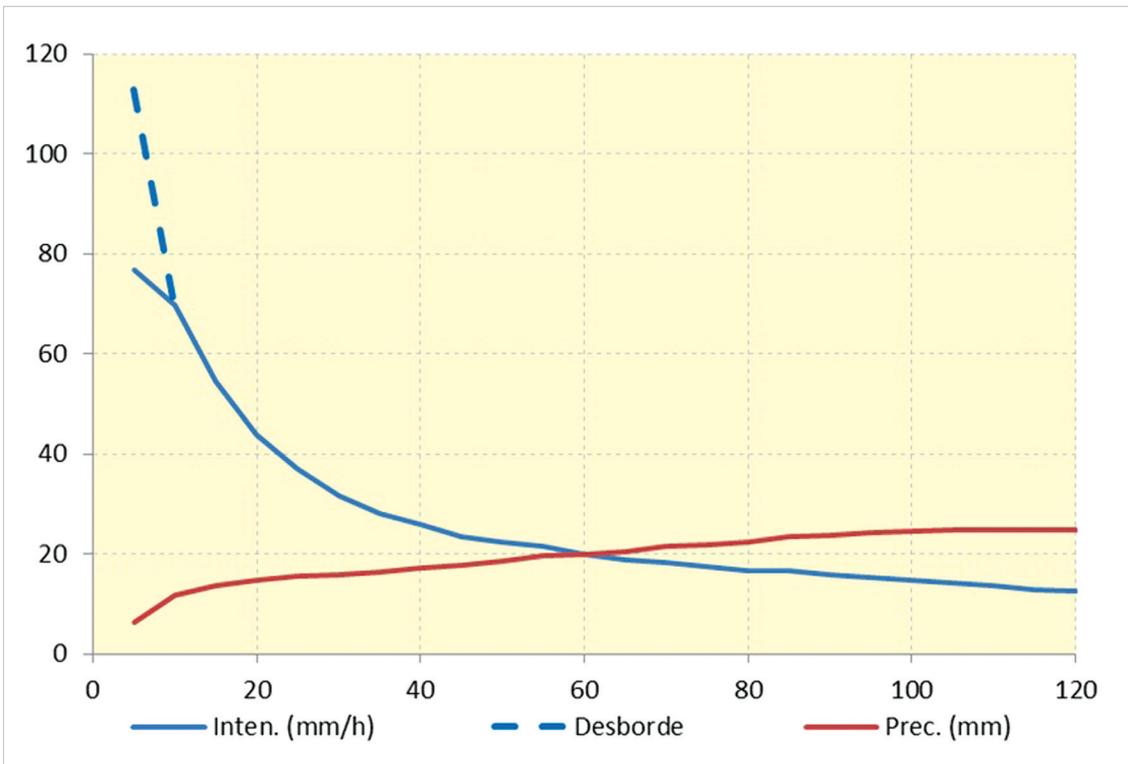


Figura 4.

citado en el intervalo de máxima intensidad, el valor inicial de la curva correspondiente a 5 minutos pasaría de ser 76,8 mm/h a 112,8 mm/h.

Como ya se ha comentado, la lluvia diaria no se encuentra entre los máximos valores registrados históricamente, por lo que a la hora de calcular las intensidades máximas para dimensionar los drenajes habrá que recurrir a precipitaciones máximas diarias de recurrencias más elevadas. Según la *Norma 5.2 -IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras*, la recurrencia a utilizar para los drenajes de plataforma y márgenes es de 25 años y la correspondiente a drenajes transversales es de 100 años. Dado que no se disponen de registros de precipitación documentados para intervalos de corta duración tendremos que recurrir a fórmulas de intensidad-duración que proporcionen las intensidades máximas correspondientes a dichos intervalos, que son los que se necesitan en las cuencas urbanas que estamos analizando.

La Norma 5.2, B.O.E. (2016), utiliza la expresión propuesta por Témez (1978) en su trabajo *Cálculo Hidrometeorológico de caudales máximos en pequeñas cuencas naturales*

$$I_t = I_d \cdot \left(\frac{I_1}{I_d} \right) \left(\frac{28^{0.1} - t^{0.1}}{28^{0.1} - 1} \right)$$

Por otro lado, Salas (2004), en su tesis doctoral, propone una expresión actualizada muy similar, pero con dos parámetros variables que permite un mejor ajuste

$$I_t = I_d \cdot K \left(\frac{24^a - t^a}{24^a - 1} \right); \quad K = \left(\frac{I_1}{I_d} \right)$$

En ambas expresiones I es la intensidad máxima en un intervalo de t horas, $\frac{I_1}{I_d}$

es la relación entre la intensidad media máxima en una hora y la intensidad media máxima diaria, parámetro regionalizado, y a es un segundo parámetro en la expresión de Salas, también regionalizado.

Se va a realizar un análisis del ajuste de ambas expresiones a las tormentas diarias superiores a 20 mm registradas por la estación DAVIS de MONTES para establecer cuál de ellas representa mejor la distribución de intensidades y los valores de los parámetros a utilizar para eventos extraordinarios en Madrid. Según se aprecia en la *Tabla 2*, desde 2010, se han localizado 24 eventos significativos con magnitudes superiores a 20 mm de lluvia en 24 horas. Se ha incluido también la precipitación ocurrida los días 27 y 28 de agosto que, sin llegar a 20 mm, ha sido la última tormenta importante registrada.

3. Resultados y discusión

El promedio del ajuste de sus parámetros se muestra en la *Tabla 3*. No se ha utilizado el evento 6 porque corresponde a una precipitación muy uniforme con unos va-

lores de los parámetros ajustados muy alejados de los habituales en este tipo de eventos extraordinarios.

Para cada evento se han ajustado las dos expresiones de intensidad-duración expuestas. La expresión de Salas (2004) da siempre, salvo en un caso, menor error de ajuste, como se muestra en la *Figura 5*. Se puede apreciar que la expresión de Salas se ajusta mejor en todos los casos, aunque los ajustes son muy similares salvo en aquellos casos en que las lluvias presenten intensidades bastante uniformes. El ajuste de los parámetros es muy variable de unas tormentas a otras, como cabía esperar siendo conscientes de la gran variabilidad que presentan las precipitaciones en cuanto a la distribución de la intensidad a lo largo del evento. Los valores promedio de las 23 tormentas consideradas (la tormenta T06 no se ha utilizado en el cálculo por ser un evento bastante atípico) se muestran en la *Tabla 3*.

Los valores propuestos para los parámetros en ambos métodos, según la documentación correspondiente a cada uno de ellos y en el entorno de Madrid, se mues-

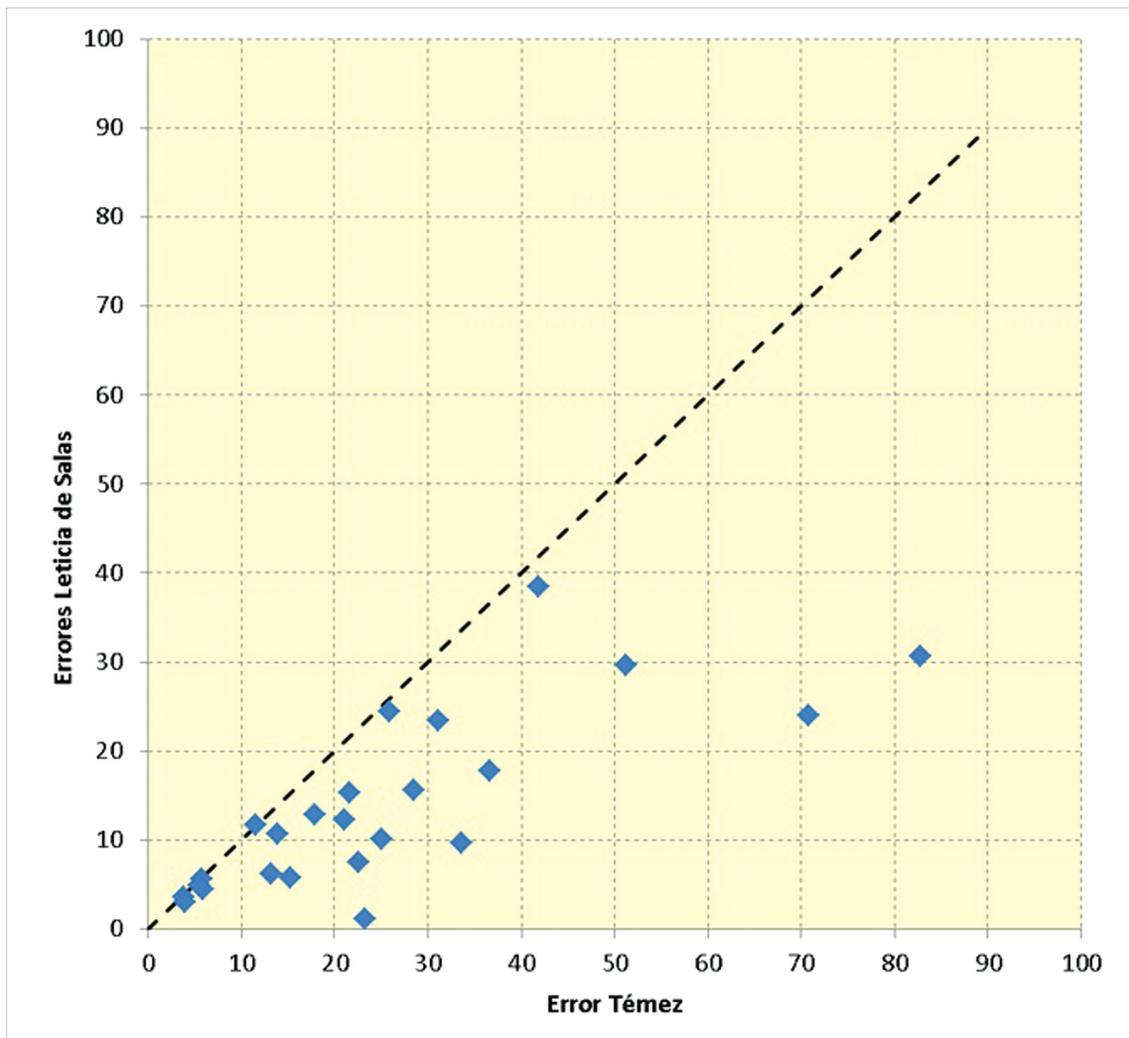


Figura 5.

Tabla 3 Promedio de los parámetros ajustados a las tormentas de precipitación superior a 20 mm de lluvia diaria registradas desde 2010 en la estación DAVIS de la ETSIMFMN, sin contar con la tormenta número 6 (T06). Comparación con los valores regionalizados y con la tormenta 10 (T10) de julio de 2017.

Tormenta	K (Salas)	a (Salas)	I1/Id (Témez)
Promedio (sin T06)	9,0463	0,1126	9,0254
Desviación estándar (S)	5,6820	0,1070	5,3354
Promedio $[\pm] 0.5 \cdot S$	11,89	0,059	11,69
Valores regionalizados	9	0,125	10
Evento T10 (julio 2017)	12,4162	0,0532	13,5032

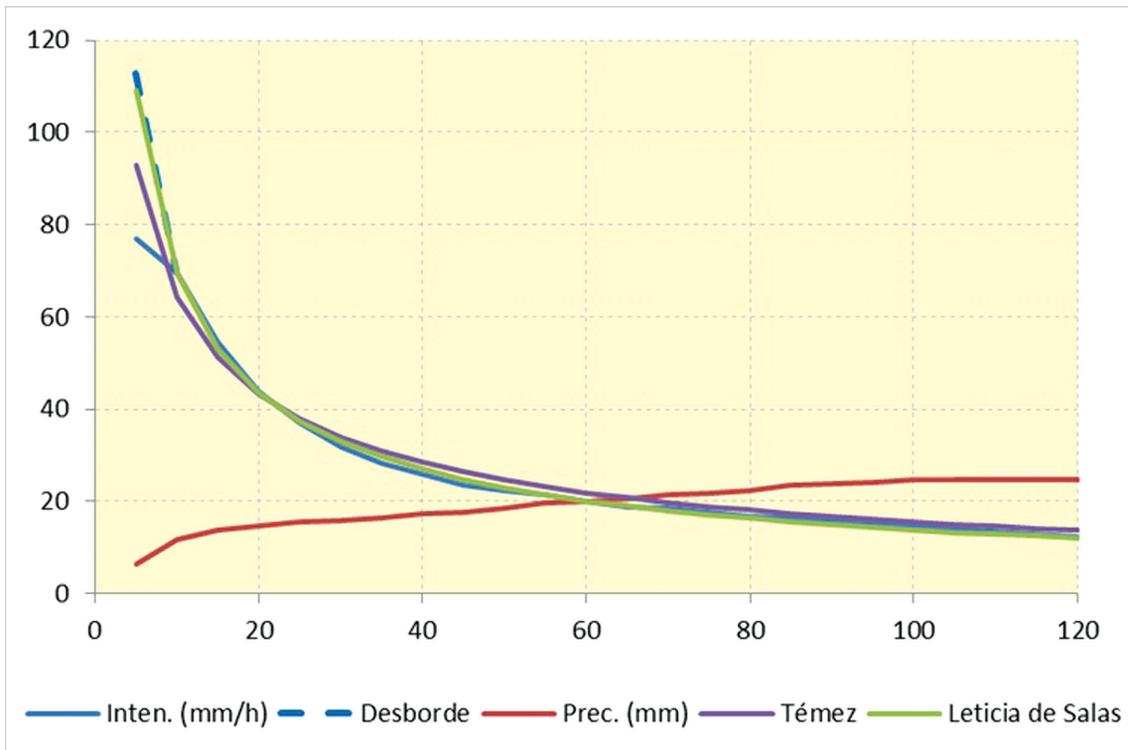


Figura 6.

tra en la *Tabla 3*. Como se puede apreciar son valores muy aproximados a los que se obtienen del análisis realizado a las tormentas registradas por la estación DAVIS de MONTES desde el años 2010. Sin embargo, el empleo de estos valores para la obtención de las intensidades máximas da como resultado unos valores de intensidad que no llegan a ser de la magnitud de los registrados en los eventos más problemáticos, como el de julio de 2017, donde K alcanzó el valor de 12,4 y el correspondiente de Témez 13,5.

4. Conclusiones

Por tanto, es razonable pensar que, si queremos dimensionar adecuadamente los drenajes, tendríamos que utilizar parámetros que den intensidades mayores que los propuestos por los respectivos autores, para cubrir distribuciones de precipitación semejantes a las que se presentaron el pasado mes de julio. Con el fin de dar más peso a las distribuciones más desfavorables se propone incrementar el parámetro K un 50% de su desviación típica y disminuir el parámetro a un 50% de su desviación típica. De esta forma, para los futuros cálculos de caudales máximos con los que dimensionar las obras de drenaje, se propone utilizar los parámetros ajustados que aparecen en la *Tabla 3* para Madrid. De esta forma, las curvas ajustadas a tormentas extremas, como el evento T10, representarían mejor los valores de intensidad máxima para intervalos cortos de tiempo, necesarios para el dimensionamiento de drenajes en zonas urbanas.

5. Bibliografía

- AEMET. 2017. Datos de precipitación suministrados por la Agencia Estatal de Meteorología. Madrid.
- Ministerio de Fomento; 2016. Orden FOM/298/2016, de 15 de febrero, por la que se aprueba la norma 5.2-IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras. *BOE* 60: 2405 (de 10 de marzo de 2016). Ministerio de Fomento. Madrid.
- Salas Regalado, L.; Fernández Yuste, J.A.; 2006. Nueva metodología para el análisis de la variable intensidad máxima anual de precipitación. *Ecología*, vol. 20: 435-444.
- Témez Pelaéz, J.R. 1978. *Cálculo hidrometeorológico de caudales máximos en pequeñas cuencas naturales*. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. Servicio de Publicaciones. Madrid.
- Témez Pelaéz, J.R.; 1991. Generalización y mejora del método racional. Versión de la Dirección General de Carreteras de España. *Ingeniería Civil, CEDEX-MOPT*, 82: 51-56.

