

Revisión de datos de intensidad pluviométrica en España para el dimensionado de redes de saneamiento y equipos de bombeo

Revision of rainfall intensity data in Spain for the sizing of sanitation networks and pumping equipment

Junjie Zhan  Departamento de Construcción, Instalaciones y Estructuras. Escuela de Arquitectura, Universidad de Navarra. España. jzhan@alumni.unav.es
Juan B. Echeverría  Departamento de Construcción, Instalaciones y Estructuras. Escuela de Arquitectura, Universidad de Navarra. España. jbecheverria@unav.es (autor de contacto)
María Fernández-Vigil  Departamento de Construcción, Instalaciones y Estructuras. Escuela de Arquitectura, Universidad de Navarra. España. mfernandez-@unav.es
Rufino Goñi  Departamento de Construcción, Instalaciones y Estructuras. Escuela de Arquitectura, Universidad de Navarra. España. rgonil@unav.es

RESUMEN

La intensidad pluviométrica representa hoy, en países como España, un importante factor de incertidumbre con incidencia en diferentes ámbitos del hábitat, incluyendo el entorno edificado. La normativa ha venido utilizando mapas de curvas isoyetas trazadas a partir de datos de acumulación de precipitaciones en estaciones meteorológicas. Diferentes factores, entre los que parece encontrarse el cambio climático, vienen arrojando, en los últimos años, datos que invitan a una cierta preocupación. Nos enfrentamos, por un lado, a largos periodos de sequía y, por otro, a valores máximos que superan los esperados. Este trabajo analiza los datos de la Agencia Española de Meteorología hasta nuestros días, cuantifica los valores de pluviometría para diferentes periodos de retorno y los compara con los exigibles en la sección HS-5 del Código Técnico de la Edificación. Establece también un método de cálculo para los sistemas de bombeo de aguas pluviales.

Palabras clave: intensidad pluviométrica; España; saneamiento; bombeo.

ABSTRACT

Today, rainfall intensity represents, in countries like Spain, an important factor of uncertainty with an impact on different areas of the habitat, including the built environment. The regulations have been using maps of isohyet curves drawn from precipitation accumulation data at meteorological stations. Different factors, among which climate change seems to be found, have, in recent years, produced data that invites some concern. We face, on the one hand, long periods of drought and, on the other, maximum values that exceed those expected. This work analyzes the data from the Spanish Meteorological Agency to date, quantifies the rainfall values for different return periods and compares them with those required in section HS-5 of the Technical Building Code. It also establishes a calculation method for rainwater pumping systems.

Keywords: rainfall intensity; Spain; drainage; pumping.

Cómo citar este artículo/Citation: Junjie Zhan, Juan B. Echeverría, María Fernández-Vigil, Rufino Goñi (2024). Revisión de datos de intensidad pluviométrica en España para el dimensionado de redes de saneamiento y equipos de bombeo. Informes de la Construcción, 76 (576): 6966. <https://doi.org/10.3989/ic.6966>

Copyright: © 2024 CSIC. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la licencia de uso y distribución Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

Recibido/Received: 15/05/2024
Aceptado/Accepted: 24/10/2024
Publicado on-line/Published on-line: 29/01/2025

1. INTRODUCCIÓN

Las precipitaciones atmosféricas en forma de lluvia condicionan de forma importante el diseño del entorno edificado. Cuando se producen de forma intensa ponen a prueba la capacidad de los sistemas de evacuación y drenaje y, a medio y largo plazo, pueden influir en la salubridad de los edificios y en la durabilidad de las construcciones.

La lluvia, como otros factores climatológicos, es una de las variables más inciertas a considerar en el diseño arquitectónico y su cuantificación e intensidad se aborda a través de datos históricos y métodos estadísticos. Esta circunstancia hace que su análisis sea instructivo en un entorno regulador prestacional como el español (1-3), ya que obliga a una consideración de la geografía, de los datos existentes para diferentes periodos de retorno y de una posible evolución del fenómeno en un horizonte temporal.

Para el dimensionado de los elementos de saneamiento de aguas pluviales, tradicionalmente se han venido utilizando mapas de zonas pluviométricas (4, 5) o curvas isoyetas (6), que representan puntos de la geografía con la misma intensidad pluviométrica en una hora (mm/h). Como para el dimensionado de la red se debe considerar un periodo más corto, que corresponde con el tiempo en el que el agua de la precipitación puede saturarla (5-10 minutos), se hace corresponder con el valor horario un valor del periodo corto, obviamente de intensidad bastante superior, expresándose ambos en las mismas unidades (mm/h) y permitiendo su comparación.

El vigente Código Técnico de la Edificación (CTE) (1), aprobado en 2006, describe en el Documento Básico HS-5 un procedimiento de cálculo similar al descrito, adjuntando, en el Apéndice B, un Mapa de Isoyetas y una tabla que hace corresponder, para las isoyetas en las dos zonas pluviométricas consideradas, intensidades pluviométricas para los periodos cortos. Las últimas revisiones del documento incorporan el siguiente comentario: *“Pueden emplearse valores mayores si se considera necesario por la experiencia previa o por la disposición de datos facilitados por entidades oficiales.”* A este respecto es importante resaltar que, de acuerdo con el Artículo 5 del CTE, la adopción de las soluciones técnicas basadas en los Documentos Básicos es suficiente para acreditar el cumplimiento de las exigencias básicas del mismo.

En este contexto, este trabajo tiene por objeto fundamental revisar los datos disponibles en la Agencia Estatal de Meteorología (en adelante AEMET) (7) desde la creación de todos los observatorios que en la actualidad siguen operativos para verificar si, efectivamente, se dispone de valores de intensidad pluviométrica que superen los del Apéndice B del DB HS-5 en algunas zonas, para que puedan ser utilizados por los proyectistas. Las series de datos obtenidos pueden permitir, a su vez, la comprobación de posibles tendencias en la evolución de la pluviometría en España (8, 9).

La cuantificación de la Intensidad Pluviométrica condiciona también el dimensionado de los equipos de bombeo de aguas pluviales. El vigente CTE establece un método para el cálculo del bombeo de aguas residuales. Sin embargo, su utilización directa no parece adecuada en el caso de las aguas pluviales. En este trabajo se propone también un método para el cálculo de los equipos de bombeo de aguas pluviales.

2. METODOLOGÍA

2.1. Datos de Intensidad Pluviométrica en 1 día para diferentes periodos de retorno

Aunque en España existen servicios meteorológicos propios en algunas Comunidades Autónomas, con el objeto de armonizar el trabajo, y por el hecho de que las series autonómicas son más limitadas en el tiempo, se ha optado por obtener los datos principales de AEMET.

La recopilación de los datos abiertos existentes en AEMET, para todas las estaciones meteorológicas activas hoy en día se realiza mediante el acceso a OPENDATA y la obtención de una API Key, que permite descargar los datos para una estación meteorológica en formato vertical (JSON) para un periodo máximo de 4 años. Es necesario repetir esta operación para abarcar todo el periodo de tiempo considerado, en este caso los años transcurridos desde la creación del observatorio hasta hoy. Se ha considerado el 31 de diciembre de 2023 como fecha final de obtención de los datos, al estar aún incompletos los de 2024.

Para el propósito de este trabajo se han filtrado exclusivamente los datos de precipitación máxima en un día (mm/día) y se han ordenado en periodos de retorno de 20, 40, 60 y 80 años. La consideración de los periodos de retorno es importante por dos razones. La primera es porque del análisis comparativo de los datos para diferentes periodos se pueden extraer conclusiones sobre una posible evolución en el tiempo de la intensidad de las precipitaciones. La segunda es que la posibilidad de una cuantificación diferente en función del periodo de retorno considerado es coherente con el espíritu prestacional del CTE, facilitando que un periodo de retorno más amplio asegure un nivel de prestaciones más alto. Este podría ser el caso de un museo con un gran valor patrimonial.

Como forma de validación se han utilizado también datos de la Agencia Vasca de Meteorología (en adelante EUS-KALMET) (10), ya que esta ofrece valores de precipitación de intervalos más cortos (1 hora y 10 minutos).

2.2. Cálculo de la Intensidad de precipitación para un intervalo cualquiera

Obtenidos los datos máximos de precipitación en un día para las diferentes estaciones meteorológicas, es posible calcular las intensidades para diferentes intervalos de tiempo. Se utiliza para ello el Método Racional descrito en la Norma 5.2-IC de la Instrucción de carreteras (Drenaje Superficial) del Ministerio de Fomento de España, de 2019 (11, 12). Este método permite calcular los valores de precipitación para diferentes intervalos de tiempo en función del dato de precipitación media diaria. En la Norma se define la Intensidad de precipitación para un periodo de retorno T, y una duración del aguacero t mediante la expresión [1].

$$[1] \quad I_{(T,t)} = I_d \times F_a$$

$I_{(T,t)}$ = Intensidad de precipitación correspondiente a un periodo de retorno T y una duración del aguacero t

I_d = Intensidad media diaria (mm/h)

F_a = Factor de intensidad (adimensional)

Se define la Intensidad media diaria como la media horaria de la precipitación diaria [2]. Por las características de las edificaciones, de pequeña superficie, no se ha utilizado el factor reductor de la precipitación por área de cuenca KA (igual a 1 para < 1km²).

$$[2] I_d = P_d / 24$$

I_d = Intensidad media diaria de precipitación (mm/h) correspondiente a un periodo de retorno T

P_d = Precipitación diaria (mm)

El Factor de intensidad, adimensional, se obtiene de la expresión [3] a partir del índice de torrencialidad.

$$[3] Fa = \left(\frac{I_1}{I_d} \right)^{3,5287 - 2,5287 \times t^{0,1}}$$

Fa = Factor de intensidad (adimensional)

I_1/I_d = Índice de torrencialidad que expresa la relación entre la intensidad de precipitación horaria y la media diaria

t = duración del aguacero (horas)

No es necesario conocer el valor de I_1 , ya que en la fórmula se introduce el valor del índice de torrencialidad (I_1/I_d) leído directamente del mapa que figura como adjunto a la citada Norma (Figura 1).

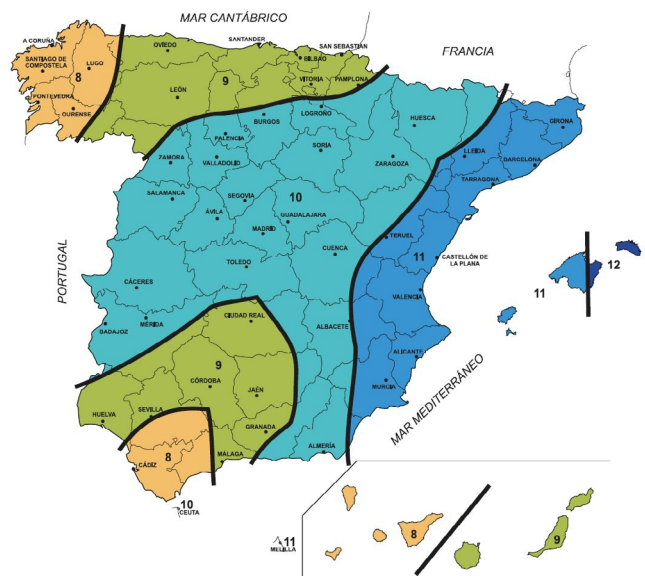


Figura 1. Índice de torrencialidad. I_1/I_d , Norma 5.2_IC

Los valores del índice de torrencialidad que aparecen en las 5 zonas geográficas en las que se divide el mapa, representan el número de veces que es mayor la intensidad en la hora más lluviosa respecto a la intensidad media diaria. Así, un valor 8 indica que la intensidad máxima en una hora es 8 veces la intensidad media diaria. Un análisis inicial del mapa instruye sobre la realidad pluviométrica de la geografía española. Aunque la Cornisa Cantábrica recoge la mayor precipitación anual, tiene índices de torrencialidad más bajos que Levante y Baleares, regiones en las que los aguaceros son más intensos en intervalos cortos.

La Tabla 1 presenta los valores del Factor de Intensidad (Fa), obtenidos mediante la fórmula [3] para algunos intervalos de tiempo pertinentes en el estudio del saneamiento de edificios, en las diferentes zonas geográficas consideradas. Como puede observarse, el valor de Fa aumenta cuando se consideran intervalos de aguacero más cortos, coincidiendo con el valor del índice de torrencialidad correspondiente al área geográfica delimitada en la Figura 1 para 1 hora (60 minutos).

Tabla 1. Valores de Factor de Intensidad (Fa) en las 5 zonas para diferentes intervalos de aguacero

Zona	Intensidad Pluviométrica para diferentes periodos (mm/h)			
	5 minutos	10 minutos	30 minutos	60 minutos
8	25,44	18,95	11,38	8
9	30,56	22,39	13,06	9
10	36,01	25,99	14,77	10
11	41,76	29,74	16,51	11
12	47,82	33,64	18,28	12

Todos los valores de Intensidad Pluviométrica se expresan en mm/h, independientemente del intervalo considerado. Esto nos permite construir gráficas de Intensidad-Duración, que representan la máxima intensidad de precipitación en diversos intervalos de tiempo y sirven para calcular los caudales generados, fundamentalmente en periodos cortos. A modo de ejemplo, la Figura 2 representa la gráfica de Intensidad-Duración a partir del dato de Intensidad máxima recogido en el observatorio de A Coruña, en la zona 8, para un periodo de retorno de 40 años. Con un dato de precipitación máxima diaria (P_d) de 132,70 mm en 1999, y una Intensidad media diaria de 5,53 mm/h, se representan valores para 5, 10, 30 y 60 minutos.

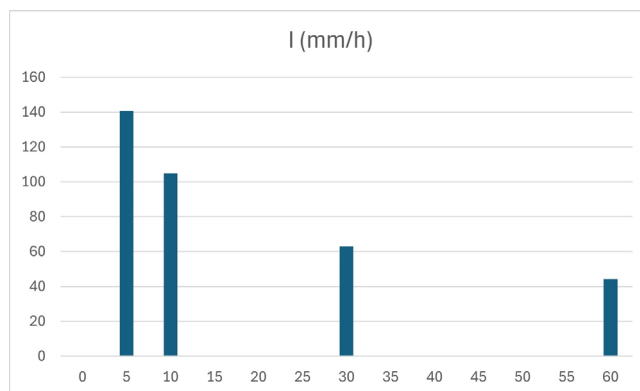


Figura 2. Gráfica Intensidad-Duración. A Coruña. Periodo de retorno de 40 años

2.3. Obtención de los resultados

Una vez obtenidos los datos de precipitación máxima diaria para periodos de retorno de 20, 40, 60 y 80 años, se ordenan en tablas (5, 6, 7 y 8) para las 5 zonas. A partir del dato de intensidad máxima histórico, mediante la expresión [1], se calculan las intensidades para 1 hora y 5 minutos. En la última columna de las tablas se compara, en porcentaje, la diferencia entre el valor de intensidad pluviométrica correspondiente al aguacero de 5 minutos y el valor de intensidad pluviométrica que corresponde a ese lugar en aplicación del Apéndice B del vigente documento DB HS-5 del CTE. Las tablas utilizan

un código de colores en función de los valores obtenidos, variando del verde al rojo, también en intensidad, cuando el exceso va aumentando. El verde más claro representa los valores negativos.

Para este estudio se ha decidido tomar el valor del tiempo de intensidad corta de 5 minutos por dos razones. En primer lugar, se considera acorde con la realidad de los edificios, ya que un colapso de la red es perfectamente posible en ese tiempo. Para acercarnos a ella, podemos utilizar la fórmula de tiempo de concentración que, para cuencas secundarias, se describe en la Norma 5.2-IC [4]:

[4] $t_{dif} = 2L_{dif}^{0,408} \cdot n_{dif}^{0,312} \cdot J_{dif}^{-0,209}$

- t_{dif} = Tiempo de recorrido en flujo difuso sobre el terreno (minutos)
- n_{dif} = Coeficiente de flujo difuso (adimensional) = 0,015 para terreno pavimentado
- L_{dif} = Longitud de recorrido en flujo difuso (m)
- J_{dif} = Pendiente media (adimensional)

Con un valor de 15 m de longitud desde cualquier punto de una cubierta hasta un sumidero, coherente con el tamaño máximo de los paños de recogida de agua en cubiertas, y una pendiente media del 1%, mínima permitida en el DB HS-1, obtendríamos un valor de 4,26 minutos. De cara a este estudio no parece, por tanto, descabellada la consideración de 5 minutos como tiempo en el que determinados puntos de la red pueden verse afectados por la afluencia máxima.

En segundo lugar, porque, aunque el CTE no establece ese periodo, del propio documento se podría deducir la intención del legislador. La Tabla 2 establece las proporciones entre los valores que dan nombre a las Isoyetas en las Zonas A y B del CTE, y que coinciden con la intensidad en 1 hora, I (60), y las intensidades que se debe considerar para el cálculo en cada una de ellas. Como puede observarse, en el caso de la Zona A, los valores oscilan entre un mínimo (en verde) de 3,00 y un máximo (en rojo) de 3,25 y en el de la Zona B entre un mínimo de 2,13 y un máximo de 3,00. Los valores de Proporción reflejan el resultado de dividir los segundos entre los primeros, indicando, en cada caso, cuánto mayor es la intensidad en el intervalo corto respecto a la de 1 hora.

La Tabla 3 presenta una Proporción análoga a la de la Tabla 2, pero esta vez entre valores obtenidos mediante el método racional. El valor numérico que da nombre a cada una de las 5 Zonas de la Figura 1 se corresponde con el número de veces

que la precipitación horaria supera la media diaria y, como ya se ha recalado, con el índice de torrencialidad. Utilizando la expresión [3] podemos calcular los valores del Factor de Intensidad para intervalos cortos de 5 y 10 minutos, que siempre son iguales para cada una de las 5 zonas. Para calcular los valores de Proporción entre las intensidades de los intervalos cortos y las intensidades de los intervalos horarios solamente tenemos que dividir las primeras entre las segundas.

Tabla 3. Método Racional. Proporción entre la Intensidad en 60 minutos y en periodos de 5 y 10 minutos

Zona	Intensidad Pluviométrica para periodos cortos (mm/h)		Proporción de valores de I	
	5 minutos	10 minutos	I (10) / I (60)	I (5) / I (60)
8	25,44	18,95	2,37	3,18
9	30,56	22,39	2,49	3,40
10	36,01	25,99	2,60	3,60
11	41,76	29,74	2,70	3,80
12	47,82	33,64	2,80	3,98

De la comparación entre las Tablas 2 y 3, se puede deducir que la consideración de un intervalo corto de 5 minutos, aparte de más segura, parece más acorde con la intención del legislador. Todos los valores de Proporción en la Zona A del CTE, y algunos en la Zona B, superan los valores de I(10)/I(60) obtenidos mediante el Método Racional acercándose más a los de I(5)/I(60).

2.4. Aplicación de los resultados

Obtenidos los valores de precipitación para el intervalo corto del aguacero, en nuestro caso 5 minutos, que podría ser el máximo o el correspondiente, en su caso, al periodo de retorno considerado, es posible utilizarlos directamente para el cálculo de redes y equipos de bombeo de aguas pluviales siguiendo la metodología propuesta en el CTE.

Un aspecto importante es la relación entre el conjunto de datos obtenidos y la elección de los valores que se deben tener en cuenta para el dimensionado. La Tabla 4 refleja los datos obtenidos en el Observatorio de AEMET en Madrid (Aeropuerto) para un periodo de retorno de 20 años. Se puede observar, por ejemplo, que la media más alta de los 20 días más lluviosos de un año es un 21% (15,52/73,8) del día más lluvioso de todo el periodo. Sin embargo, si tomamos la media de los 3 días más lluviosos del mismo tenemos un valor del 88,5% (65,32/73,8) del valor pésimo.

Tabla 2. CTE, DB HS-5. Proporción entre la Intensidad en el intervalo corto considerado y la Intensidad en 1 hora (60 minutos)

		Isoyeta											
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	130
Zona A	I (mm/h) *	30	65	90	125	155	180	210	240	275	300	330	365
	Proporción	3,00	3,25	3,00	3,13	3,10	3,00	3,00	3,00	3,06	3,00	3,00	3,04
Zona B	I (mm/h) *	30	50	70	90	110	135	150	170	195	220	240	265
	Proporción	3,00	2,50	2,33	2,25	2,20	2,25	2,14	2,13	2,17	2,20	2,18	2,21

* Los valores de I (mm/h), en las zonas A y B, son los que se deben considerar en el intervalo corto según el CTE

La metodología aquí propuesta trata de acercar el problema de la intensidad pluviométrica en los edificios y su posible evolución en el tiempo, no pretendiendo ofrecer una solución canónica para el cálculo de redes y equipos. Deberá ser el diseñador, en cada caso, el que decida los datos meteorológicos disponibles a utilizar, el tiempo de concentración, el periodo de retorno, la utilización de valores pésimos o no, etc.

3. VALORES DE INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN A PARTIR DE LOS DATOS DE AEMET

3.1. Valores de intensidad de precipitación a partir de los datos de AEMET

Las tablas 5, 6, 7 y 8 reflejan los valores de intensidades pluviométricas obtenidos, utilizando el Método Racional, a

partir de los datos de AEMET para periodos de retorno de 20, 40, 60 y 80 años. Se han realizado para las diferentes Zonas, agrupándose en la Tabla 8 las Zonas 11 y 12 por su proximidad geográfica.

La última columna de las Tablas refleja la comparativa, en porcentaje, entre el valor de intensidad pluviométrica obtenido en las diferentes estaciones para 5 minutos con la exigible para el periodo corto el en el CTE, que es función de la Zona y de la Isoyeta del lugar considerado. Como ya se ha comentado, se utiliza una gradación de color. Por ejemplo, en el caso de A Coruña (Tabla 5), el dato de precipitación obtenido es un 56% mayor que el exigido en el CTE.

Tabla 4. AEMET. Datos de precipitación, observatorio Madrid Aeropuerto para un periodo de retorno de 20 años (2004-2023)

Datos de precipitación máxima diaria (mm)				Media de 20 días más lluviosos en el año, 2004 a 2023 (mm)									
Medias				2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Máximo	3	5	20	14,27	10,36	13,31	11,88	14,92	10,30	13,32	10,23	13,32	10,23
	máximos	máximos	máximos	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
73,8	65,32	49,37	37,33	13,65	10,94	15,52	9,85	16,01	12,30	13,37	13,24	12,09	12,95

Tabla 5. Intensidades de precipitación a partir de datos de AEMET y comparativa con CTE. Zona 8

Comunidad Autónoma	Estación Meteorológica	Fundación	Precipitación máxima diaria (mm)						Isoyeta / Intensidad pluviométrica según CTE	Precipitación (mm/h): 1 h / 5 min	Comparativa con CTE (%)
			Periodo de retorno				Máximo	Año			
			20	40	60	80					
Galicia	A Coruña	1930	95,6	132,7	132,7	132,7	132,7	1999	30 / 90	44 / 141	56,3
	A Coruña Aeropuerto	1971	69,9	110,6	110,6	–	110,6	1999	40 / 125	37 / 117	–6,21
	Santiago de Compostela Aeropuerto	1943	104,1	218	218	218	218	1987	40 / 125	73 / 231	84,88
	Lugo Aeropuerto	1951	73,8	73,8	73,8	–	73,8	2010	30 / 90	25 / 78	–13,07
	Ourense	1960	79,7	96,2	96,2	–	96,2	2002	30 / 90	32 / 102	13,31
	Pontevedra	1985	108,1	108,1	NH	–	108,1	2014	40 / 125	36 / 115	–8,33
	Vigo Aeropuerto	1956	136,5	171,9	175	–	175	1978	30 / 90	58 / 186	106,12
Andalucía	Morón de la Frontera	1946	129,5	129,5	129,5	129,5	129,5	2007	40 / 90	43 / 137	52,53
	Cádiz	1935	155	155	155	155	155	2008	50 / 110	52 / 164	49,37
	Rota Base Naval	1988	126,2	126,2	NH	NH	126,2	2008	40 / 90	42 / 134	48,64
	Jerez de la Frontera Aeropuerto	1946	94,9	97,4	97,4	112,2	112,2	1947	40 / 90	37 / 119	32,15
	Tarifa	1945	115	115	139	139	139	1970	60 / 135	46 / 147	9,15
	La Palma Aeropuerto	1970	183,6	183,6	–	–	183,6	2004	80 / 170	61 / 195	14,49
	Hierro Aeropuerto	1973	153,3	280	NH	NH	280	1988	50 / 110	93 / 297	169,83
Isla Canarias	Tenerife Sur Aeropuerto	1980	109	136	NH	NH	136	1983	40 / 90	45 / 144	60,19
	Izaña	1920	158,2	337	337	360	360	1950	80 / 170	120 / 382	124,48
	Tenerife Norte Aeropuerto	1944	134,1	134,1	260,3	260,3	260,3	1977	50 / 110	87 / 276	150,85
	Santa Cruz de Tenerife	1931	125,8	232,6	232,6	232,6	232,6	2002	50 / 110	78 / 247	124,16

Tabla 6. Intensidades de precipitación a partir de datos de AEMET y comparativa con CTE. Zona 9

Comunidad Autónoma	Estación Meteorológica	Fundación	Precipitación máxima diaria (mm)						Isoyeta / Intensidad pluviométrica según CTE	Precipitación (mm/h): 1 h / 5 min	Comparativa con CTE (%)
			Periodo de retorno				Máximo	Año			
			20	40	60	80					
Asturias	Asturias Aeropuerto	1968	95,9	129,1	129,1	–	129,1	2001	30 / 90	48 / 164	82,65
	Gijón Puerto	2001	86,5	–	–	–	86,5	2010	30 / 90	32 / 110	22,38
	Oviedo	1972	76,5	76,5	109,5	–	109,5	1975	30 / 90	41 / 139	54,92
Cantabria	Santander	1946	88,6	88,6	88,6	126,2	126,2	1952	40 / 125	47 / 161	28,56
	Santander Aeropuerto	1953	91,4	134,4	134,4	–	134,4	1983	40 / 125	50 / 171	36,91
País Vasco	Bilbao aeropuerto	1947	108,1	252,6	252,6	252,6	252,6	1983	50 / 155	95 / 322	107,51
	San Sebastián Igeldo	1928	131	167,7	167,7	167,7	167,7	1997	50 / 155	63 / 214	37,77
	Hondarribia Malkarroat	1955	124,7	185,2	185,2	214	214	1959	40 / 125	80 / 273	118
	Foronda Txokiza	1976	76,6	82,4	93	–	93	1977	30 / 90	35 / 118	31,58
Navarra	Pamplona	1953	76,6	90,8	90,8	115,5	115,5	1961	40 / 125	43 / 147	17,66
	Pamplona Aeropuerto	1975	73,3	86,7	107,4	–	107,4	1979	40 / 125	40 / 137	9,41
Castilla y León	León Virgen del Camino	1938	52,8	98,5	98,5	98,5	98,5	1987	20 / 65	37 / 125	92,96
	Ponferrada	1951	63	63,6	63,6	92,2	92,2	1955	30 / 90	35 / 117	30,45
Castilla La Mancha	Ciudad Real	1970	65,2	76,4	–	–	76,4	1996	30 / 90	29 / 97	8,09
	Huelva Ronda Este	1984	82,4	160	–	–	160	1997	40 / 90	60 / 204	126,37
Andalucía	Sevilla Aeropuerto	1951	106,1	109,3	109,3	–	109,3	1997	40 / 90	41 / 139	54,64
	Córdoba Aeropuerto	1959	109,3	154,3	154,3	–	154,3	1997	40 / 90	58 / 196	118,31
	Málaga Aeropuerto	1942	132,7	140,2	151	313	313	1957	60 / 135	117 / 399	195,23
	Jaén	1983	69,1	81	–	–	81	1996	40 / 90	30 / 103	14,6
	Granada Base Aérea	1937	69,3	69,3	69,3	69,3	69,3	2007	30 / 70	26 / 88	26,06
	Granada Aeropuerto	1972	52,6	68,2	–	–	68,2	1986	40 / 90	26 / 87	–3,51
Isla Canarias	Gran Canaria Aeropuerto	1951	104	104	104	–	104	1954	40 / 90	39 / 132	47,14
	Fuerteventura	1967	56,1	76,5	76,5	–	76,5	1991	50 / 110	29 / 97	–11,44
	Lanzarote	1972	45,4	55,1	71,5	–	71,5	1980	50 / 110	27 / 91	–17,23

Tabla 7. Intensidades de precipitación a partir de datos de AEMET y comparativa con CTE. Zona 10

Comunidad Autónoma	Estación Meteorológica	Fundación	Precipitación máxima diaria (mm)						Isoyeta / Intensidad pluviométrica según CTE	Precipitación (mm/h) 1 h / 5 min	Comparativa con CTE (%)
			Periodo de retorno				Máximo	Año			
			20	40	60	80					
La Rioja	Logroño Aeropuerto	1948	82,6	82,6	82,6	82,6	82,6	2017	30 / 90	34 / 124	37,69
	Huesca Aeropuerto	1943	63,9	87,8	99,7	110,8	110,8	1959	40 / 125	46 / 166	32,98
Aragón	Zaragoza Aeropuerto	1941	54,2	70,8	70,8	97,3	97,3	1945	30 / 90	41 / 146	62,19
	Daroca	1920	95,2	95,2	95,2	95,2	95,1	2021	40 / 125	40 / 143	14,14
	Calamocha	1992	55,6	69,2	-	-	69,2	1996	40 / 125	29 / 104	-16,95

Comunidad Autónoma	Estación Meteorológica	Fundación	Precipitación máxima diaria (mm)						Isoyeta / Intensidad pluviométrica según CTE	Precipitación (mm/h) 1 h / 5 min	Comparativa con CTE (%)
			Periodo de retorno				Máximo	Año			
			20	40	60	80					
Castilla y León	Zamora	1920	50,5	51,4	58	66,1	66,1	1961	30 / 90	28 / 99	10,18
	Salamanca	1970	43,2	48,2	-	-	48,2	1989	30 / 90	20 / 72	-19,65
	Salamanca Aeropuerto	1945	41,4	50,3	50,3	59	59	1955	30 / 90	24 / 88	-1,65
	Valladolid	1973	60,4	60,4	-	-	60,4	2023	30 / 90	25 / 91	0,68
	Valladolid Aeropuerto	1936	60,5	80	80	90,8	90,8	1951	30 / 90	38 / 136	51,36
	Ávila	1983	71,2	88,8	-	-	88,8	1997	40 / 125	37 / 133	6,58
	Burgos Aeropuerto	1943	47,6	52,4	52,4	52,4	52,4	1997	30 / 90	22 / 79	-12,65
	Segovia	1988	50,2	50,2	-	-	50,2	2023	30 / 90	21 / 75	-16,32
	Soria	1943	63,4	69,3	69,3	70	70	1959	40 / 125	29 / 105	-15,99
Comunidad de Madrid	Puerto de Navacerrada	1946	137,4	150	150	150	150	1996	30 / 90	63 / 225	150,04
	Colmenar Viejo	1978	86,8	86,8	-	-	86,8	1982	30 / 90	36 / 130	44,69
	Torrejón de Ardoz	1961	62	62	63,1	-	63,1	1972	30 / 90	26 / 95	5,18
	Madrid Aeropuerto	1951	73,8	73,8	73,8	-	73,8	2023	30 / 90	31 / 111	23,02
	Madrid Retiro	1921	67,7	67,7	87	87	87	1972	30 / 90	36 / 131	45,02
	Madrid Cuatro Vientos	1945	91,2	91,2	91,2	91,2	91,2	2023	30 / 90	38 / 137	52,02
	Getafe	1951	78,1	78,1	78,1	-	78,1	2023	30 / 90	33 / 117	30,19
	Guadalajara El Serranillo	1985	37	71,1	-	-	71,1	1993	30 / 90	30 / 107	18,52
	Molina de Aragón	1949	63,2	63,2	70	70	70	1970	30 / 90	29 / 105	16,69
Castilla La Mancha	Cuenca	1951	98,2	98,2	98,2	-	98,2	2017	30 / 90	41 / 147	63,69
	Toledo	1982	90,4	90,4	-	-	90,4	2023	30 / 90	38 / 136	50,69
	Albacete	1983	99	116	-	-	116	1996	30 / 90	48 / 174	93,36
Extremadura	Albacete Base Aérea	1939	104,4	146,6	146,6	146,6	146,6	1996	30 / 90	61 / 220	144,37
	Cáceres	1982	64,4	128,5	-	-	128,5	1997	30 / 70	54 / 193	175,4
	Badajoz Aeropuerto	1955	62,8	119,1	119,1	-	119,1	1997	30 / 70	50 / 179	155,26
Andalucía	Almería Aeropuerto	1968	99,2	99,2	99,2	99,2	99,2	2019	40 / 90	41 / 149	65,36

Tabla 8. Intensidades de precipitación a partir de datos de AEMET y comparativa con CTE. Zonas 11 y 12

Comunidad Autónoma	Estación Meteorológica	Fundación	Precipitación máxima diaria (mm)						Isoyeta / Intensidad pluviométrica según CTE	Precipitación (mm/h) 1 h / 5 min	Comparativa con CTE (%)
			Periodo de retorno				Máximo	Año			
			20	40	60	80					
Aragón	Teruel	1986	120,8	120,8	–	–	120,8	2022	40 / 125	55 / 210	68,17
Cataluña	Lleida	1983	78,4	83,6	–	–	83,6	1992	30 / 90	38 / 145	61,64
	Girona Aeropuerto	1973	137,5	177,1	–	–	177,1	1987	80 / 240	81 / 308	28,41
	Barcelona Fabra	1920	115,1	144,1	196	196	196	1971	50 / 155	90 / 341	120,04
	Barcelona Aeropuerto	1924	104,9	175,1	175,1	186,7	186,7	1953	50 / 155	86 / 325	109,6
	Estación de Tortosa	1920	140,8	140,8	176,5	209,2	209,2	1940	70 / 210	96 / 364	73,35

Comunidad Autónoma	Estación Meteorológica	Fundación	Precipitación máxima diaria (mm)						Isoyeta / Intensidad pluviométrica según CTE	Precipitación (mm/h) 1 h / 5 min	Comparativa con CTE (%)
			Periodo de retorno				Máximo	Año			
			20	40	60	80					
Región de Murcia	Murcia	1984	169	169	–	–	169	2019	40 / 90	77 / 294	226,76
	Alcantarilla Base Aérea	1940	179,7	179,7	179,7	179,7	179,7	2019	40 / 90	82 / 313	247,45
	San Javier Aeropuerto	1944	204,7	330	330	330	330	1987	50 / 110	151 / 574	422,04
	Castellón Almassora	1976	150	150	–	–	150	2020	90 / 195	69 / 261	33,86
Valencia	Valencia	1937	178,2	178,2	178,2	262,6	262,6	1956	70 / 150	120 / 457	204,64
	Valencia Aeropuerto	1965	188,9	188,9	188,9	–	188,9	2012	70 / 150	87 / 329	119,14
	Alicante	1938	131	270,2	270,2	270,2	270,2	1997	50 / 110	124 / 470	327,44
	Elche Aeropuerto	1967	152,8	152,8	235	–	235	1982	50 / 110	108 / 409	271,76
Isla Baleares	Palma de Mallorca Aeropuerto	1972	106,7	106,7	–	–	106,7	2010	50 / 110	49 / 186	68,79
	Palma Puerto	1978	124,3	124,3	–	–	124,3	2015	60 / 135	57 / 216	60,22
	Ibiza Aeropuerto	1944	156,5	156,5	156,5	156,5	156,5	2005	40 / 90	72 / 272	202,59
	Menorca Aeropuerto	1965	91,9	96,5	121,3	–	121,3	1979	40 / 90	61 / 242	168,54

4. ANÁLISIS COMPARATIVO CON LOS VALORES DEL DB HS 5 DEL CTE

4.1. Análisis comparativo con los valores del CTE

La Figura 3 representa el Incremento de precipitación para un intervalo de 5 minutos respecto de los valores establecidos en el CTE. Incluye una gráfica general para todas las Zonas y gráficas para cada una de ellas (al igual que las Tablas, las Zonas 11 y 12 se han unido en una sola).

El análisis comparativo refleja que la media de los valores obtenidos para el conjunto de las zonas se sitúa aproximadamente un 50% por encima de los valores del CTE, pero hay

un número considerable de valores, fundamentalmente en las Zonas 11 y 12 que los superan ampliamente.

El análisis de las Tablas también refleja que un porcentaje significativo de los máximos históricos se ha producido en años recientes. Así, en la Zona 8, 8 de los 18 Observatorios han recogido el dato pésimo desde el año 2000, 3 de 24 en la Zona 9, 10 de 30 en la Zona 10 y 8 de 18 en las Zonas 11 y 12. Nuevamente, son estas últimas zonas de la Costa Mediterránea y las Islas Baleares las que muestran un porcentaje más alto de valores extremos recientes.

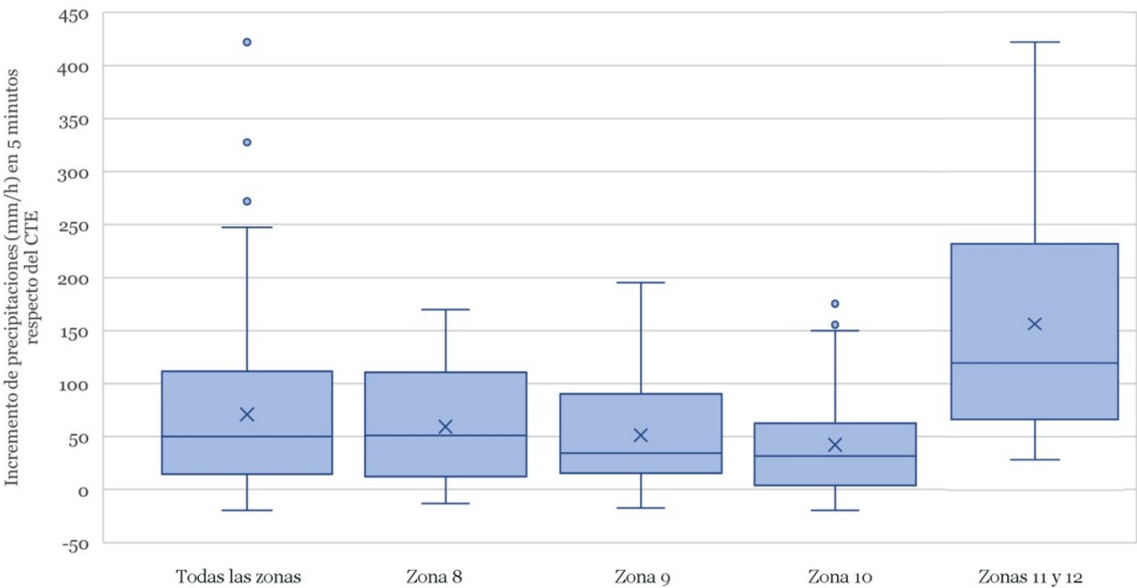


Figura 3. Incremento de precipitación (mm/h) para un intervalo de 5 minutos respecto del CTE

5. VALIDACIÓN CON DATOS DE EUSKALMET PARA INTERVALOS CORTOS DE PRECIPITACIÓN

La agencia vasca de Meteorología, EUSKALMET, fue creada en 1990 y desde esa fecha ha ido disponiendo observatorios en las tres provincias de la Comunidad Autónoma Vasca hasta completar la red actual. Los datos recabados sobre diferentes parámetros meteorológicos son cada vez más abundantes, y se ofrecen de una forma más ordenada y sistemática.

En la actualidad se ofrecen datos de intensidad pluviométrica para intervalos de un año, un día, 1 hora y 10 minutos. Aunque los informes anuales ofrecen el valor total de precipitación en el año y los valores máximos en el resto de los intervalos, es posible encontrar todos los valores pormenorizadamente en los datos diarios de cada observatorio.

Como ya se ha recalcado, el objeto de este trabajo es ofrecer un panorama amplio de la evolución de la intensidad pluviométrica a partir de los datos de intensidad pluviométrica diaria ofrecidos por AEMET para todo el territorio español, habiéndose obtenido los valores para intervalos cortos utilizando el método descrito en la Norma 5.2-IC. Para el propósito del trabajo, y a modo de validación, parece interesante poder comparar los resultados obtenidos mediante la utilización del método racional, puramente estadístico, con los datos reales en los observatorios del País Vasco para los intervalos de 1 hora y 10 minutos.

Es muy importante tener en cuenta dos aspectos. El primero es que los datos ofrecidos por EUSKALMET para los intervalos cortos coinciden con los horarios. Por ejemplo, el dato

de 1 hora puede corresponder a la precipitación entre las 9 y las 10 horas y el de 10 minutos entre las 9:00 y las 9:10. Una precipitación máxima se producirá, normalmente, solapando dos intervalos, por lo que el aguacero posible en 10 minutos será mayor que el de los datos ofrecidos. El segundo tiene que ver con el redondeo de los datos disponibles, ya que los valores de cantidad de precipitación recogida se redondean a 0,1 mm y se debe ser cauto cuando algunos datos se obtengan como suma de otros de intervalos más cortos.

AEMET dispone de 4 observatorios en el País Vasco: Bilbao Aeropuerto, San Sebastián Igeldo, Hondarribia Malkarroat y Foronda Txokiza. Los 4 han sido considerados en la Tabla 6, estando todos ellos situados en la zona 9 de la Figura 1.

Con el fin de compararlos con los 4 anteriores, por proximidad y condiciones de altura, se han seleccionado los observatorios de EUSKALMET de Derio, Miramon, Behobia y Abetxuko. La Tabla 9 muestra los emparejamientos y los datos de precipitación anual e intensidad máxima diaria para todos ellos. Se han seleccionado los 4 últimos años, ya que son los que ofrecen los datos completos y representan un número de días significativo. Obsérvese que, a pesar de la aparente similitud de los observatorios emparejados, hay algunos valores dispares, algo que evidencia la gran variabilidad de las precipitaciones.

La Tabla 10 recoge los datos de intensidad pluviométrica máxima para intervalos de 1 día, 1 hora y 10 minutos. Como son acontecimientos independientes, obviamente, los valores máximos para diferentes intervalos no tienen que coincidir necesariamente en el tiempo.

Tabla 9. AEMET y EUSKALMET. Observatorios comparados.
 Datos de precipitación anual y precipitación máxima diaria (2020-2023)

	Nombre observatorio	Servicio	Precipitación total anual (mm)				Precipitación máxima diaria (mm)			
			2020	2021	2022	2023	2020	2021	2022	2023
Comparativa 1	Bilbao Aeropuerto	AEMET	1114,1	1282,5	849,8	1241,9	35,8	50,3	59,9	94,6
	Derio	EUSKALMET	1208,4	1346,7	877,6	1289,5	46,5	52,7	55,7	94,8
Comparativa 2	San Sebastián Igeldo	AEMET	1780,2	1676,6	1338,2	1657,9	62	84,8	55,6	75,6
	Miramon	EUSKALMET	1671,3	1620,5	1423,1	1631	85,5	107,3	62,3	81,6
Comparativa 3	Hondarribia Malkarroat	AEMET	1990,5	1851,4	1597,1	1951,7	90	97,8	124,7	86,1
	Behobia	EUSKALMET	1551,8	1531,2	1335,8	1668,6	83,9	80,9	103,5	58,4
Comparativa 4	Foronda Txokiza	AEMET	776,3	827,6	405,9	619,6	66,5	61,6	40,4	39,7
	Abetxuko	EUSKALMET	636,3	735	417	592,1	28,3	57,8	43,9	54

Tabla 10. EUSKALMET. Datos de precipitación máxima
 en los 4 observatorios seleccionadas (mm), años 2020 a 2024

año	Derio			Miramon			Behobia			Abetxuko		
	1 día	1 h	10 min	1 día	1 h	10 min	1 día	1 h	10 min	1 día	1 h	10 min
2020	46,5	12,8	7,7	85,5	22,3	8,3	83,9	31,4	12,1	28,3	18	9,6
2021	52,7	17,4	6,8	107,3	19,5	6,3	80,9	25,8	11,5	57,8	17,7	11,9
2022	55,7	13	8,3	62,3	30	10,3	103,5	18,6	8,6	43,9	9,3	5,6
2023	94,8	36,3	17,6	81,6	20,1	8,4	58,4	23,1	16,4	54	27,5	7,2

La tabla 11 recoge la comparativa entre los valores esperados obtenidos por el Método Racional, a partir del valor de Precipitación máxima diaria, y los datos reales de precipitación máxima obtenidos en 1 hora y en 10 minutos, en los 4 observatorios de EUSKALMET y en el periodo de 4 años considerado. Los valores vuelven a ser independientes en el tiempo, por lo que el valor de precipitación máxima en 10 minutos puede ser en un día y en un año que no se corresponda con el de los valores máximos en un día y en 1 hora.

Tabla 11. Comparativa entre Valores de Precipitación (mm) obtenidos por el método Racional y datos de EUSKALMET

	1 día		1 h		10 min	
	Dato	Método Racional	Dato	Diferencia (%)	Método Racional	Diferencia (%)
Derio	94,8	35,55	36,3	2,11	14,74	17,6
Miramón	107,3	40,24	30	-25,44	16,68	-38,27
Behobia	103,5	38,81	31,4	-19,10	16,09	1,90
Abetxuko	57,8	21,68	27,5	26,87	8,99	32,41

De los resultados de la Tabla 11 se puede concluir que los resultados que se obtiene por el Método Racional para intervalos cortos están en el orden de magnitud de los datos reales de pluviometría recogidos.

6. DIMENSIONADO DE REDES Y EQUIPOS DE BOMBEO DE AGUAS PLUVIALES

6.1. Dimensionado de las redes de aguas pluviales

Como ya se ha comentado, el dimensionado de las redes de aguas pluviales se debe realizar considerando la Intensidad Pluviométrica en un periodo corto de tiempo (5-10 minutos). Ese tiempo podría variar en función de las características del edificio (número de sumideros, pendiente y material de las cubiertas, recorrido hasta los puntos de recogida, etc.).

En la práctica se utilizan tablas que determinan los diámetros de los elementos en función de la superficie de cubierta servida por ellos (13-15). Como 1 mm de columna de agua equivale a 1 l/m², es muy fácil visualizar la relación entre la intensidad pluviométrica en mm/h y los litros por hora por metro cuadrado sobre la cubierta de un edificio.

En el caso del CTE, como la intensidad pluviométrica de la geografía española es muy variable, se presenta una sola serie de tablas para una intensidad pluviométrica de 100 mm/h. Dividiendo la Intensidad Pluviométrica real del lugar considerado entre 100 se obtiene el valor de transformación ($f = i/100$) para entrar directamente en las tablas.

Para la utilización de los valores obtenidos en las Tablas 5, 6, 7 y 8 se pueden tomar los valores de intensidad pluviométrica para 5 minutos (en mm/h) y dividirlos entre 100 para obtener f . Por ejemplo, en Ibiza (Aeropuerto) tenemos un valor de 272 mm/h, con lo que el valor de corrección de la superficie real de la cubierta para la utilización de las tablas sería 2,72 (adimensional).

6.2. Dimensionado de los equipos de bombeo de aguas pluviales

De forma previa, se debe considerar que los equipos de bombeo, tanto de aguas pluviales como residuales, deben ser evitados en la medida de lo posible, ya que las redes se deben desaguar preferentemente por gravedad.

El dimensionado de los equipos de bombeo de aguas pluviales incluye la caracterización de dos elementos. El primero es la determinación de las características de la bomba: caudal y altura manométrica. El segundo es el cálculo del volumen útil de recepción. El cálculo de la altura manométrica queda fuera del alcance de este trabajo.

6.2.1. Dimensionado del caudal de la bomba

El caudal aportado es función de la intensidad pluviométrica que corresponde al periodo de tiempo de un ciclo de la bomba y de la Superficie de recogida de la precipitación [5].

$$[5] \quad Q_a = I_{\left(\frac{60}{n}\right)} \times S / 3600$$

Q_a = Caudal aportado (l/s)

$I_{(60/n)}$ = Intensidad Pluviométrica en el periodo de un ciclo de la bomba (mm/h)

S = Superficie de recogida (m²)

En el caso de los 12 ciclos que contempla la actual versión del DB HS-5 tomaríamos la intensidad correspondiente a 5 minutos, $I(5)$. El caudal de la bomba (Q_b) debe ser, al menos, un 125% del caudal aportado [6]:

$$[6] \quad Q_b \geq 1,25 Q_a$$

Q_b = Caudal de la bomba (l/s)

Q_a = Caudal aportado (l/s)

6.2.2. Dimensionado del depósito de recepción

Se considera el volumen total de agua a evacuar en un periodo de tiempo considerado, normalmente una hora, ya que los fabricantes de bombas ofrecen valores de ciclos por hora. En aras de una mayor seguridad, se puede aumentar el volumen total aportado en el correspondiente al de un ciclo adicional de la bomba, ya que el depósito podría estar casi lleno en el momento inicial y terminar casi lleno al final de la hora [7].

$$[7] \quad V_a = I_{(60)} \times S \times \left(1 + \frac{1}{n}\right)$$

V_a = Volumen aportado en 1 hora (l)

$I_{(60)}$ = Intensidad Pluviométrica en 1 hora (mm/h)

S = Superficie de recogida (m²)

n = número de ciclos de la bomba en una hora

De forma genérica, se puede utilizar la expresión [8].

$$[8] V_u = \frac{V_a}{n}$$

V_u = Volumen útil (l)

V_a = Volumen aportado en 1 hora (l)

n = número de ciclos de la bomba en una hora

La expresión 8 es conservadora, porque considera que el volumen recogido en cada uno de los ciclos de la bomba es igual, cuando en la realidad podría no serlo.

Solamente en el supuesto en el que el caudal de la bomba se ajuste al caudal mínimo exigido tiene sentido enunciar al Volumen del Depósito en función del caudal de la bomba. La actual versión del DB HS5 calcula el volumen útil del depósito como un 0,3 del Caudal de la bomba en l/s. Este volumen, considerado en m³, responde a la consideración de 12 ciclos en una hora.

7. LIMITACIONES

- Se han recogido datos de los observatorios de AEMET accesibles desde la web, no cubriendo estos toda la geografía española. Es sobradamente conocido el hecho de que dos zonas geográficamente cercanas pueden tener intensidades pluviométricas muy diferentes por sus condiciones de orografía, cercanía al mar, etc. No se deben dar por buenos los valores aquí presentados para lugares alejados de los observatorios analizados.
- Aunque el método utilizado se considera suficientemente fiable para el propósito del trabajo, que no es otro que el de mostrar una realidad general, se han recogido exclusivamente datos de pluviometría de 24 horas y se han extrapolado los valores para diferentes periodos de intensidad mediante el método racional. Solamente se ha realizado una validación con algunos datos de EUSKALMET para periodos de 1 hora y 10 minutos. En este estudio ha primado, por tanto, la homogeneización de los datos y la disponibilidad de series históricas más amplias.
- La limitación espacial del trabajo hace que la tendencia aparente hacia un aumento de la intensidad pluviométrica en los últimos tiempos solamente se haya apuntado.

8. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Los años pasados desde la aprobación del CTE y el comentario de sus últimas versiones sobre Intensidades Pluviométricas que puedan superar las consideradas en el DB HS-5, invitan a una revisión de las características de las precipitaciones en España, que puede hacerse a través de los datos disponibles en AEMET o en cualquier otro servicio meteorológico de las Comunidades Autónomas. Con el objeto de unificar el procedimiento, este trabajo se ha basado exclusivamente en los datos de pluviometría en 24 horas de AEMET para periodos de retorno de 20, 40, 60 y 80 años.

El método racional, descrito en la norma 5.2_IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras, permite, con bastante precisión, el cálculo de Intensidades Pluviométricas para diferentes duraciones de tiempo (aguacero) a partir del dato de pluviometría en 24 horas.

Aunque el documento DB HS-5 considera una duración del periodo corto de 10 minutos, basándonos en el análisis realizado en 2.3, parece razonable poder considerar una duración de 5 minutos, tal y como se ha hecho en este estudio.

Los valores históricos máximos obtenidos para intensidades en 5 minutos para las Zonas contempladas en la citada norma, arrojan diferencias importantes con los valores considerados en el documento DB HS-5 del CTE. Estas diferencias son aproximadamente un 50% superiores de media, pero llegan a ser muy superiores en algunos lugares de la Costa Mediterránea y Baleares.

Las fechas de los valores históricos máximos apuntan hacia una tendencia de mayor intensidad pluviométrica en los últimos años, fundamentalmente en las Zonas 11 y 12, en las que 5 de 18 valores corresponden a los años transcurridos desde 2019.

Los valores obtenidos para intensidades en 5 minutos de duración y diferentes periodos de retorno pueden ser utilizados por los proyectistas de forma directa en zonas próximas a los observatorios de AEMET considerados. Análogamente, si se dispone de otros datos fiables, se pueden obtener valores suficientemente robustos siguiendo la metodología aquí empleada.

Se han presentado unas expresiones para el cálculo de los equipos de bombeo de aguas pluviales. En ellos, el caudal de la bomba, obviamente, debe superar el mínimo exigido en el intervalo de más intensidad y debe ponderarse con un coeficiente de mayoración ($Q_b \geq 1,25 Q_a$). Pero de cara al cálculo del Volumen del Depósito de Recepción, el caudal de la bomba no es tan determinante como el número de ciclos de esta. La imprevisibilidad de las diferentes intensidades de la lluvia a lo largo de toda la hora es lo que diferencia el cálculo de estos equipos de los de aguas residuales.

Como se ha comentado en el apartado 7, el trabajo presentado es limitado y debe ser completado con más datos que recojan intensidades pluviométricas reales en otros lugares de la geografía española. Esto debe hacerse para diferentes duraciones de aguacero y para diferentes periodos de retorno.

Se debe continuar el esfuerzo en la recogida de datos para comprobar si la tendencia hacia intensidades pluviométricas mayores en periodos cortos de tiempo se confirma, y si existe relación con el fenómeno del cambio climático al que asistimos. Sería interesante también el estudio comparativo con duraciones muy amplias, como meses y años, comprobando si realmente nos enfrentamos a un escenario global combinado de mayor torrencialidad y mayor sequía.

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERESES

Los/as autores/as de este artículo declaran no tener conflictos de intereses financieros, profesionales o personales que pudieran haber influido de manera inapropiada en este trabajo.

DECLARACIÓN DE CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Junjie Zhan: Análisis Formal, Investigación, Redacción-Borrador Original.

Juan B. Echeverría: Análisis Formal, Conceptualización, Metodología, Redacción-Borrador Original, Redacción Revisión y Edición.

María Fernández-Vigil: Análisis Formal, Conceptualización, Metodología, Redacción-Borrador Original, Redacción Revisión y Edición.

Rufino Goñi: Análisis Formal, Conceptualización, Metodología, Redacción-Borrador Original.

REFERENCIAS

- (1) Gobierno de España, Ministerio de la vivienda (2006). *Real Decreto 314/2006 por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación*. Boletín Oficial del Estado 74, de 28 de marzo de 2006. España.
- (2) Meacham, Brian J. (2004). Performance-Based Building Regulatory Systems: Structure, Hierarchy and Linkages. *Journal of the Structural Engineering Society of New Zealand*, 17 (1): 37-51.
- (3) Meacham, Brian. J., Moore, A., Bowen, R. y Traw, J. (2005). Performance-based building regulation: current situation and future needs. *Building Research & Information*. (33, 1): 91-106. <http://doi.org/10.1080/0961321042000322780>
- (4) Jefatura del Estado. Ministerio de la Vivienda (1972). *Decreto 3565/1972 por el que se establecen las normas tecnológicas de la edificación*, NTE. Boletín Oficial del Estado 13, de 15 de enero de 1973. España.
- (5) Jefatura del Estado, Ministerio de la Vivienda (1973). *Orden por la que se aprueba la norma tecnológica NTE-ISS, «Instalaciones de salubridad, saneamiento»*. Boletín Oficial del Estado 216, de 8 de septiembre de 1973. España.
- (6) Arizmendi, L. (1985). Cálculo y normativa básica de las instalaciones en los edificios. Eunsa, Pamplona.
- (7) AEMET, Agencia Estatal de Meteorología (6 de mayo de 2024). Datos Climatológicos. <https://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos>
- (8) Tecnalia Research and Innovation con la colaboración de DHI Water & Environment (2022). *Inundación Pluvial asociada a eventos extremos de precipitación en escenarios de cambio climático en Euskadi*. IHOB, Sociedad Pública de Gestión Ambiental, Departamento de Desarrollo Económico, Sostenibilidad y Medio Ambiente, Gobierno Vasco, Bilbao.
- (9) Mestre, I, Casado, M.J, Rodríguez, E. (2015). *Tendencias observadas y proyecciones de cambio climático sobre España*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. España. <http://hdl.handle.net/20.500.11765/11786>
- (10) EUSKALMET, Agencia vasca de Meteorología (6 de mayo de 2024). Open data. <https://www.euskalmet.euskadi.eus/servicios/open-data/>
- (11) Gobierno de España, Ministerio de Fomento (2016). Orden FOM/298/2016 por la que se aprueba la norma 5.2_IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras. Boletín Oficial del Estado nº70. España.
- (12) Gobierno de España, Ministerio de Fomento (2019). Norma 5.2-IC de la Instrucción de carreteras, Drenaje superficial. España.
- (13) Gallizio, A. (1977). Impianti Sanitari. Progettazione e tecnica d´installazione degli impianti idraulici-sanitari nell´interno degli edifici. Hoepli, Milano.
- (14) Rodríguez Avial, M. (1958). Instalaciones en los edificios, fontanería y saneamiento. Dossat, Madrid.
- (15) Manas, Vincent T. (1957). National Plumbing Code Handbook. Mc Graw-Hill. USA.