

Plan Hidrológico de la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Duero Revisión de tercer ciclo (2022-2027)

ANEJO 12 PROGRAMA DE MEDIDAS

APÉNDICE VIII. METODOLOGÍA GESTIÓN DE AGUAS PLUVIALES

OCTUBRE 2022

Confederación Hidrográfica del Duero O.A.



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	7
2. GESTIÓN DE AGUAS PLUVIALES	8
2.1. Problemática	8
2.2. Determinación de las intensidades pluviométricas	9
3. BIBLIOGRAFÍA	13

Índice de tablas

Tabla 1. Estaciones meteorológicas seleccionadas. Fuente: Aemet.	10
Tabla 2. Precipitación acumulada por superficie impermeabilizada (m^3/ha) que genera escorrentía pluvial durante los primeros 30 minutos Fuente: CHD.	12
Tabla 3. Intensidad de la precipitación (L/s/ha) a considerar para retener y tratar la escorrentía pluvial generada durante los primeros 30 minutos, por subzona de la cuenca del Duero. Fuente: CHD.	12

Índice de figuras

Figura 1. Ejemplo de curva de frecuencia de la precipitación acumulada (mm) correspondiente a los primeros 30 minutos de esorrentía una vez superado el umbral de 1 mm de precipitación para dos estaciones meteorológicas. Fuente: CHD.	11
---	----

ABREVIATURAS USADAS EN EL DOCUMENTO

AEMET	Agencia Estatal de Meteorología
CHD	Confederación Hidrográfica del Duero
PROMEDSU	Programa Nacional de Medición de las Descargas de los sistemas Unitarios
TIN	Red de triángulos irregulares

UNIDADES DE MEDIDA USADAS EN EL PLAN HIDROLÓGICO¹

UNIDADES BÁSICAS

- Metro: m
- Kilogramo: kg
- Segundo: s
- Amperio: A
- Kelvin: K
- Mol: mol
- Candela: cd

UNIDADES DERIVADAS CON NOMBRES ESPECIALES

- Vatio: W
- Voltio: V

UNIDADES ESPECIALES

- Litro: L²
- Tonelada: t
- Minuto: min
- Hora: h
- Día: d
- Mes: mes
- Año: año
- Área: ha, 100 m²

OTRAS UNIDADES

- Euro: €

MÚLTIPLOS Y SUBMÚLTIPLOS

- Tera: T, por 1.000.000.000.000
- Giga: G, por 1.000.000.000
- Mega: M, por 1.000.000

¹ Para la adopción de estas nomenclaturas se ha atendido al Real Decreto 1.737/1997, de 20 de noviembre, por el que se modifica el Real Decreto 1.317/1989, de 27 de octubre, por el que se establecen las Unidades Legales de Medida en España.

² Los dos símbolos «l» minúscula y «L» mayúscula son utilizables para la unidad litro. Se recomienda la utilización de la «L» mayúscula para evitar el riesgo de confusión entre la letra l (ele) y la cifra 1 (uno)

- Kilo: k, por 1.000
- Hecto: h, por 100
- Deca: da, por 10
- Deci: d, dividir por 10
- Centi: c, dividir por 100
- Mili: m, dividir por 1.000
- Micro: μ , dividir por 1.000.000
- Nano: n, dividir por 1.000.000.000

MÚLTIPLOS Y SUBMÚLTIPLOS ESPECIALES

- Parte por millón: ppm, equivale a 1 parte entre 1.000.000
- Parte por billón: ppb, equivalente a 1 parte entre 1.000.000.000.000

Los símbolos no van seguidos de punto, ni toman la “s” para el plural.

Se utilizan superíndices o la barra de la división.

Como signo multiplicador se usa un espacio o un punto centrado a media altura (\cdot)

Ejemplos:

- m^3/s , metros cúbicos por segundo
- $hm^3/año$, hectómetros cúbicos por año
- kWh, kilowatios hora
- MW, megawatios
- mg/L, miligramos por litro
- $m^3/ha\cdot año$, metros cúbicos por hectárea y año

1. INTRODUCCIÓN

Este documento es una guía en la que se explica el procedimiento seguido por la CHD para la definir las intensidades de precipitación a tener en cuenta para retener y tratar las aguas de escorrentía pluvial generadas en los primeros 30 minutos. Esta metodología se ha desarrollado en este tercer ciclo de planificación, sin perjuicio de lo dispuesto en el artículo 259 ter del Reglamento de Dominio Público Hidráulico y de las normas técnicas que en virtud del punto 3 del citado artículo pueda adoptar con carácter general el Ministerio con competencias en materia de aguas.

2. GESTIÓN DE AGUAS PLUVIALES

2.1. Problemática

Según se establece en el artículo 259 ter.1.c) del Reglamento de Dominio Público Hidráulico, con el fin de reducir convenientemente la contaminación generada en episodios de lluvia, los titulares de vertidos de aguas residuales urbanas tendrán la obligación de poner en servicio las obras e instalaciones que permitan retener y evacuar adecuadamente hacia la estación depuradora de aguas residuales urbanas las primeras aguas de escorrentía de la red de saneamiento con elevadas concentraciones de contaminantes producidas en dichos episodios.

Es conocido que al comienzo de la precipitación se da el proceso de “primer lavado”, en el que una parte significativa de los contaminantes acumulados en la superficie urbana y en las redes de alcantarillado en tiempo seco es arrastrada por las aguas de escorrentía generadas, lo que da lugar a concentraciones elevadas de contaminantes. Estas sustancias, depositadas tanto en la vía pública como en las redes de saneamiento, se ajustan a una curva de acumulación en función, entre otros factores, del número de días sin precipitación entre dos eventos consecutivos.

De forma general, durante los periodos con una menor precipitación o un mayor periodo de días secos antecedentes, se suele observar una mayor concentración de sólidos sedimentados en la superficie de nuestras calles, como se comprueba en los trabajos recogidos en Suárez López et al., 2021.

La acumulación de sólidos y contaminantes sobre las superficies de los viales y áreas urbanas suele poseer una tasa inicial de acumulación rápida que se aproxima asintóticamente a un límite. Dicho proceso de acumulación alcanza su límite asintótico máximo en periodos temporales que se encuentran en el rango de 5 a 20 días secos precedentes (Egodawatta et al., 2013; Djukić et al., 2013; Sartor and Boyd, 1974; Di Modugno et al., 2015; Zarriello et al., 2002).

La tasa de acumulación, así como la masa acumulada de sólidos, presentan una gran variabilidad en función de las actividades desarrolladas localmente. En la bibliografía se pueden encontrar importantes diferencias entre zonas residenciales poco pobladas y zonas industriales (Sartor and Boyd, 1974; Djukić et al., 2013).

En lo que se refiere a las concentraciones de contaminantes en las aguas de escorrentía pluvial procedentes del lavado de calles, con carácter general se suele observar cómo el periodo seco antecedente tiene una correlación positiva con la carga contaminante movilizada en general y con la concentración máxima del suceso en particular (Río Cambeses, 2011; García et al., 2018), aunque un factor también de mucha importancia en las concentraciones máximas alcanzadas es la forma e intensidad de la lluvia.

La Directiva Marco del Agua establece la necesidad de identificar y valorar las presiones e impactos que afectan los ecosistemas acuáticos. Este análisis, junto con otros estudios como el realizado en el marco del “Programa Nacional de Medición de las Descargas de los Sistemas Unitarios” (PROMEDSU) han puesto de manifiesto las elevadas cargas contaminantes movilizadas y las elevadas

concentraciones que se generan en los sistemas de saneamiento unitario en tiempo de lluvia, problemática que es preciso abordar en corto-medio plazo.

El presente anejo recoge la metodología y los criterios a tener en cuenta para la retención y tratamiento de las primeras aguas de escorrentía.

2.2. Determinación de las intensidades pluviométricas

A los efectos del Plan Hidrológico de la parte española de la demarcación hidrográfica del Duero, en determinados casos definidos en la normativa del Plan se deberá contar con una capacidad mínima para retener y tratar las primeras aguas de escorrentía generadas por una precipitación de 30 minutos, teniendo en cuenta la totalidad de la cuenca de aportación y un coeficiente de escorrentía de valor la unidad como caso más desfavorable.

Para determinar la intensidad asociada a la precipitación acumulada durante los primeros 30 minutos de escorrentía, en cada una de las subzonas propuestas en el Plan y definadas en Mírame-IDEDuero, se han considerado los siguientes criterios:

- Se han seleccionado determinadas estaciones meteorológicas de la red de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) conforme a las siguientes pautas:
 - Estaciones meteorológicas con registros diezminutales de precipitación.
 - Distribución geográfica homogénea en la cuenca del Duero, e integradas en una de las subzonas propuestas en el Plan Hidrológico.
 - Proximidad a capitales de provincia y núcleos urbanos importantes.

En la siguiente tabla se muestra un listado con las estaciones seleccionadas para este estudio:

NDICATIVO	NOMBRE	PROVINCIA	ALTITUD	C_X	C_Y	DATUM	Intervalo temporal de la serie
2030	SORIA	SORIA	1082	542963	4624924	ETRS89	1/3/2009- 23/12/2021
2331	BURGOS/VILLAFRÍA	BURGOS	891	448918	4689595	ETRS89	6/6/2017-20/10/2021
2422	VALLADOLID	VALLADOLID	735	353884	4611387	ETRS89	5/10/2009- 23/12/2021
2444	ÁVILA	AVILA	1130	357981	4502280	ETRS89	5/10/2009- 20/10/2021
2465	SEGOVIA	SEGOVIA	1005	405190	4533294	ETRS89	1/7/2009- 23/12/2021
2614	ZAMORA	ZAMORA	656	271750	4599605	ETRS89	5/10/2009- 23/12/2021
2661	LEÓN/VIRGEN DEL CAMINO	LEON	912	282469	4718510	ETRS89	5/10/2009- 25/4/2014 Y 1/1/2018 -1/10/2021
2867	SALAMANCA/MATACAN	SALAMANCA	790	289748	4537262	ETRS89	5/10/2009- 23/12/2021
2166Y	PEÑAFIEL(FABRICA DE QUESOS)	VALLADOLID	756	406261	4605206	ETRS89	1/12/2009 – 23/12/2021
2243A	AGUILAR DE CAMPOO	PALENCIA	910	395576	4739088	ETRS89	5/10/2009- 23/12/2021
2331X	VILLAFRÍA II	BURGOS	891	448826	4689503	ETRS89	24/2/2012 -6/6/2017
2401X	PALENCIA 'GRANJA VIÑALTA'	PALENCIA	736	370776	4652003	ETRS89	1/12/2009 -23/12/2021
2661B	LEÓN/AEROPUERTO	LEON	912	283123	47197250	ETRS89	1/1/2015 5-9-2017
2734D	ASTORGA-DEPÓSITO AGUA	LEON	919	247280	4707285	ETRS89	5/10/2009-31/12/2021
2755X	BENAVENTE	ZAMORA	715	279182	4654421	ETRS89	5/10/2009- 23/12/2021

NDICATIVO	NOMBRE	PROVINCIA	ALTITUD	C_X	C_Y	DATUM	Intervalo temporal de la serie
2766E	EL PUENTE (CASA FORESTAL)	ZAMORA	935	198911	4665322	ETRS89	5/10/2009 -23/12/2021
2946X	SAELICES EL CHICO	SALAMANCA	680	195540	4504476	ETRS89	5/10/2009-23/12/2021
2978X	AGUAS DE CABREIROA	OURENSE		133325	4651102	ETRS89	5/10/2009- 22/12/2021

Tabla 1. Estaciones meteorológicas seleccionadas. Fuente: Aemet.

A partir de la información disponible en estas estaciones se ha realizado la siguiente secuencia de cálculos:

- Se ha calculado la precipitación acumulada diezminutalmente para cada día y se han seleccionado los datos de precipitación acumulada superiores³ a 1 mm.
 - Para los datos resultantes de la selección anterior, se ha calculado la precipitación acumulada durante 30 minutos como suma de las precipitaciones diezminutales.
 - Posteriormente, se ha seleccionado el primer dato de precipitación acumulada durante 30 minutos en un día, una vez superado el umbral de 1 mm de precipitación acumulada mencionado anteriormente⁴.
 - Se ha determinado el percentil del 85% de la serie de precipitaciones acumuladas en 30 minutos, considerando que el tiempo entre episodios en los que se produce el primer lavado es igual o superior a dos días⁵. El tiempo entre episodios de precipitación es un factor a considerar, pues en el periodo seco se van acumulando sedimentos que posteriormente serán arrastrados por las primeras aguas de escorrentía pluvial.
- Para simplificar los cálculos, se ha partido de la premisa que, tras un primer lavado, se necesitan al menos dos días para que se acumule la cantidad suficiente de contaminantes para que pueda generar un impacto similar sobre el medio receptor, aunque es conocido que, cuanto mayor es el número de días de tiempo seco entre episodios de precipitación, mayor es la acumulación de sustancias sobre las superficies y en las redes de saneamiento, si bien a partir de 7-10 días la curva resultante de la acumulación de contaminantes en función del tiempo tiende a ser asintótica.
- Las curvas de frecuencia de precipitaciones son herramientas útiles para la gestión de las aguas pluviales⁶. El percentil correspondiente al punto de la curva en que se produce el cambio brusco de pendiente de la curva o “Knee point” sería el punto en el que resultaría la optimización teórica de la retención de contaminantes del primer lavado. En las curvas de

³ El umbral de escorrentía de 1 mm de precipitación acumulada corresponde al valor para “Tejido urbano continuo” de la tabla 2.3 de la norma 5.2 - IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras.

⁴ A partir del umbral de 1 mm de precipitación acumulada, se asume que toda la precipitación que cae durante los 30 minutos posteriores es conducida a la red de saneamiento.

⁵ El volumen de calidad de agua es un parámetro muy utilizado en la gestión de las aguas pluviales, y frecuentemente se define en los EE.UU como el volumen de escorrentía asociada a la lluvia de percentil 90 de la serie de precipitaciones del año medio (algunas referencias apuntan al percentil 80). Distintos estudios en ciudades estadounidenses apuntan que tratando una pulgada de precipitaciones se retiene del 85% al 90% de la escorrentía anual. En Reino Unido se establece el criterio de un volumen que retenga el 90% de la escorrentía del año medio (Suárez –López et al, 2016) . Sordo-Ward et al. 2019 indican que, atendiendo a la bibliografía internacional, en función del criterio de diseño se utilizan volúmenes de precipitación de un percentil u otro, siendo los más comunes 80, 85, 90, 95. El tiempo entre episodios es un factor adicional a considerar, pues en el periodo seco se van acumulando sedimentos que posteriormente serán arrastrados por las primeras aguas de escorrentía pluvial. Se ha considerado un periodo mínimo de 2 días entre eventos de precipitación consecutivos.

⁶ Issued Paper “B” Precipitation Frequency Analysis and Use (EOR and SQMP, Jan6, 2005). Ministry of the Environment & Climate Change de Ontario. 2016. Runoff Volume Control Targets for Ontario.

precipitación de las estaciones meteorológicas estudiadas se ha comprobado que este punto de inflexión se situaría a partir del percentil del 85%.

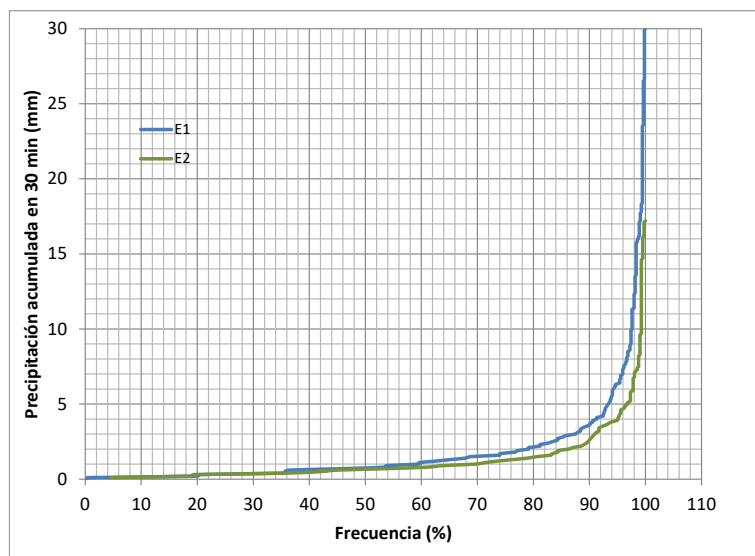


Figura 1. Ejemplo de curva de frecuencia de la precipitación acumulada (mm) correspondiente a los primeros 30 minutos de escorrentía una vez superado el umbral de 1 mm de precipitación para dos estaciones meteorológicas. Fuente: CHD.

- Una vez obtenido el percentil elegido para la serie de precipitación acumulada que genera escorrentía pluvial durante los primeros 30 minutos, con un periodo mínimo de tiempo seco entre dos eventos consecutivos de precipitación de 2 días, se ha utilizado un sistema de información geográfica para estimar la precipitación acumulada e intensidades medias por subzona mediante interpolación por el método de la red de triángulos irregulares (TIN) considerando un tamaño de pixel de 1kmx1km.
- Finalmente se ha obtenido para cada subzona el valor medio de precipitación acumulada por superficie impermeabilizada (m^3/ha) que genera escorrentía pluvial durante los primeros 30 minutos, calculando la media del valor de los pixeles de la capa ráster en cada subzona (Tabla 2). Este valor de precipitación acumulada corresponde a la capacidad mínima de retención y tratamiento de la que deben disponer los sistemas de saneamiento y evacuación de aguas pluviales.

NOMBRE SUBZONA	Precipitación acumulada
Támega – Manzanas	20,6
Tera	20,6
Órbigo	20,8
Esla	21,2
Carrión	21,3
Pisuerga	22,1
Arlanza	23,9
Alto Duero	25,3
Riaza – Duratón	22,7

NOMBRE SUBZONA	Precipitación acumulada
Cega – Eresma – Adaja	21,5
Bajo Duero	22,8
Tormes	23,4
Águeda	22,4

Tabla 2. Precipitación acumulada por superficie impermeabilizada (m³/ha) que genera escorrentía pluvial durante los primeros 30 minutos Fuente: CHD.

Aplicando un factor de conversión a los datos de la Tabla 2 se ha calculado la intensidad que tendría la precipitación de duración 30 minutos (Tabla 3), teniendo en cuenta la totalidad de la cuenca de aportación y un coeficiente de escorrentía de valor la unidad como caso más desfavorable.

$$Intensidad\ precipitación\ (\frac{L}{s\cdot ha}) = Precipitación\ acumulada\ en\ 30\ min\ (\frac{m^3}{ha}) \times \frac{1000L/m^3}{30\ min \times 60\ s/min}$$

NOMBRE SUBZONA	INTENSIDAD DE LA PRECIPITACIÓN
Támega – Manzanas	11,4
Tera	11,4
Órbigo	11,6
Esla	11,8
Carrión	11,8
Pisuerga	12,3
Arlanza	13,3
Alto Duero	14,1
Riaza – Duratón	12,6
Cega – Eresma – Adaja	11,9
Bajo Duero	12,7
Tormes	13,0
Águeda	12,4

Tabla 3. Intensidad de la precipitación (L/s/ha) a considerar para retener y tratar la escorrentía pluvial generada durante los primeros 30 minutos, por subzona de la cuenca del Duero. Fuente: CHD.

3. BIBLIOGRAFÍA

- Suárez-López, et al. 2016. "Water Quality volumen" in the northwest of Spain for sizing of highway runoff treatment systems". XXV Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental". Colombia.
- Sordo-Ward et al. 2019. Influencia de la precipitación en el diseño de SUDS. Revista de obras Públicas. 2019
- Issued Paper "B" Precipitation Frequency Analysis and Use (EOR and SQMP, Jan6, 2005)
- Ministry of the Environment & Climate Change de Ontario. 2016. Runoff Volume Control Targets for Ontario.
- Suárez López, Joaquín; Zafra Mejía, Carlos Alfonso; Jiménez Fernández, Vicente (2021). "Experiencias iberoamericanas en la gestión de escorrentías contaminadas de viales" Servido de Publicacións de la Universidade da Coruña. DOI: <https://doi.org/10.17979/spudc.9788497498104>
- Egodawatta, P., Ziyath, A. M., & Goonetilleke, A. (2013). Characterising metal build-up on urban road surfaces. *Environmental Pollution*, 176, 87-91.
- Djukić, A., Lekić, B., Rajaković-Ognjanović, V., Naunovic, Z., & Prodanović, D. (2018). Build-up and characterisation of pollutants on urban impervious surfaces. *Water Science and Technology*, 77(8), 2123-2133.
- Sartor, J. D., & Boyd, G. B. (1972). *Water pollution aspects of street surface contaminants* (Vol. 2). US Government Printing Office.
- Di Modugno, M., Gioia, A., Gorgoglione, A., Iacobellis, V., La Forgia, G., Piccinni, A. F., & Ranieri, E. (2015). Build-up/wash-off monitoring and assessment for sustainable management of first flush in an urban area. *Sustainability*, 7(5), 5050-5070.
- Zarriello, P. J., Breault, R. F., & Weiskel, P. K. (2002). *Potential effects of structural controls and street sweeping on stormwater loads to the lower Charles River, Massachusetts* (Vol. 2, No. 4220). US Department of the Interior, US Geological Survey.
- Río Cambeses, H. D. (2011). Estudio de los flujos de contaminación movilizados en tiempo de lluvia y estrategias de gestión en un sistema de saneamiento y drenaje unitario de una cuenca urbana densa de la España húmeda.
- García, J. T., Espín-Leal, P., Viguera-Rodríguez, A., Castillo, L. G., Carrillo, J. M., Martínez-Solano, P. D., & Nevado-Santos, S. (2017). Urban runoff characteristics in combined sewer overflows (CSOs): Analysis of storm events in southeastern Spain. *Water*, 9(5), 303.