

Análisis hidráulico y modelización de geoceldas de drenaje subsuperficial en pavimentos permeables

Madrado-Uribeetxebarria, E.^a, Garmendia-Antín, M.^{b1}, Almandoz-Berrondo, F. J.^{b2}, Andrés-Doménech, I.^c

^aDepartamento de Ingeniería Nuclear y Mecánica de Fluidos, UPV/EHU, Escuela de Ingeniería de Bilbao, C/ Rafael Moreno "Pichici", 1, 48013 Bilbao, E-mail: eneko.madrado@ehu.eus, ^bDepartamento de Ingeniería Nuclear y Mecánica de Fluidos, UPV/EHU, Escuela de Ingeniería de Gipuzkoa, Europa plaza, 1 20018 Donostia-San Sebastián, E-mail: ^{b1}maddi.garmendiaa@ehu.eus, ^{b2}jabier.almandoz@ehu.eus y ^cInstituto Universitario de Investigación de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente (IIAMA), Universitat Politècnica de València, Camino de Vera s/n, 46022 Valencia, E-mail: igando@hma.upv.es

Línea temática | C. Agua y ciudad

RESUMEN

En el ciclo natural del agua parte de la precipitación escurre hasta los cursos fluviales, pero la mayoría se infiltra, se evapora o es absorbida por la vegetación. Este ciclo natural se altera considerablemente cuando el desarrollo urbano transforma una zona virgen. En las áreas urbanas se reduce la superficie que permite la infiltración, así como la vegetación que favorece la evapotranspiración, de ahí que la escorrentía superficial aumente. Consecuentemente, se intensifican los problemas de inundación, contaminación y erosión (Woods Ballard et al., 2015). En ese contexto, los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) pretenden reducir los efectos negativos del proceso de urbanización, intentando recuperar los procesos hidrológicos mermados por la impermeabilización. Estos sistemas y las técnicas que los componen son muy variados, pero los objetivos que persiguen pretenden recuperar aquellos procesos que las superficies impermeables obstaculizan: la infiltración y la evapotranspiración.

Los pavimentos permeables son un tipo de técnica SUDS, que, además, posibilita captar la escorrentía allí donde se genera. En consecuencia, son adecuados para gestionar el drenaje, ya que optimizan el uso del suelo, permiten la infiltración a las capas inferiores a través del pavimento, y proporcionan una superficie transitable para vehículos y peatones (Mullaney y Lucke, 2014). Los pavimentos permeables suelen ser, principalmente, de dos tipos: pavimentos de naturaleza porosa y pavimentos impermeables en disposición permeable, generalmente a través de la junta de los elementos impermeables tales como adoquines (Sañudo Fontaneda et al., 2012).

Al contrario que los pavimentos tradicionales, los pavimentos permeables se diseñan para facilitar el flujo vertical de agua a través del pavimento. Las secciones de dichos pavimentos, dependiendo del tipo y las condiciones hidrológicas, incluyen varios materiales porosos, así como otros materiales filtrantes tales como geotextiles (Korkealaakso et al. 2014). En general, estos pavimentos suelen constar de una capa superficial (capa de rodadura), una base de apoyo y una subbase que permite el almacenamiento de agua, toda vez que confiere al conjunto la resistencia estructural adecuada.

Como se ha mencionado, es habitual disponer geosintéticos en la construcción de los pavimentos permeables. Se suele denominar geosintético a un amplio rango de materiales manufacturados a partir de polímeros, entre los cuales los más conocidos son los geotextiles, las geomallas, las geomembranas, las georedes y los geocompuestos. En general, estos se utilizan como una parte integral de las obras, en contacto con suelos, rocas o cualquier otro material relacionado con la obra civil. Se suelen emplear con diferentes objetivos: separación, filtración, drenaje, refuerzo, contención y control de la erosión. A pesar de que el desarrollo de los geosintéticos en las cuatro últimas décadas ha posibilitado nuevas estrategias para mejorar el

rendimiento de carreteras pavimentadas (Yin y Shukla, 2006), la mayor parte de las aplicaciones de los geosintéticos han sido en carreteras asfaltadas con poco tráfico (Flutcher y Wu, 2013), por ejemplo, mediante el uso de geoceldas.

Las geoceldas son estructuras tridimensionales y permeables con forma de malla o panal de abeja, las cuales se pueden crear a partir de celdas rectangulares o triangulares ensambladas mediante geomallas y uniones especiales, o fabricar en planta a partir de tiras de poliéster cosidas o polietileno de alta densidad (Yin y Shukla, 2006). Las geoceldas no solo se utilizan en los pavimentos de césped o grava reforzados, generando una estructura de confinamiento en la capa superficial, sino que, en algunos casos, se han instalado bajo la subbase del pavimento permeable, de forma que funciona como un drenaje subsuperficial del paquete de firme. Por otra parte, la utilización de los geosintéticos como elementos de control del drenaje interno de la sección de firme ha sido comparativamente limitado, a pesar de que uno de los motivos principales de fallo en los pavimentos tradicionales sea el deterioro generado por la humedad. En efecto, los geosintéticos de drenaje convencional solo sirven para controlar el flujo bajo suelos saturados, mientras que en los pavimentos habituales prevalecen las condiciones de suelo no saturado (Zornberg, 2017).

Este estudio analiza el comportamiento hidráulico de las geoceldas de drenaje subsuperficial, es decir, colocadas bajo el pavimento permeable. El análisis se realiza mediante el modelo proporcionado por SWMM (Storm Water Management Model), un modelo dinámico de simulación lluvia-escorrentía que permite simular, principalmente en zonas urbanas, la cantidad de escorrentía y su calidad tanto para un evento de lluvia como para una lluvia continua (Rossman, 2015). Desde su versión 5.0, SWMM permite modelar con un alto grado de detalle técnicas SUDS incorporadas en el sistema de drenaje, a través del módulo de cálculo LID (Low Impact Development). La utilización de dichas unidades LID permite analizar con más detalle el modelo y, además, determinar con mayor precisión los parámetros significativos que más incidencia tienen en el comportamiento hidráulico resultante.

Los resultados de laboratorio que sirven de contraste al modelo numérico en SWMM se han obtenido en un simulador de lluvia modelo Gunt HM 165, modificado para generar lluvias homogéneas en las intensidades especificadas (Figura 1). Debido a que los nudos que incorporan la escorrentía superficial a la red de drenaje recogen superficies o subcuencas pequeñas, en general, se ha adoptado una duración de lluvia de 15 minutos para determinar las intensidades máximas aplicables. En base a dicha duración, se han utilizado las curvas IDF de la estación de Igueldo (Donostia/San Sebastián) para determinar intensidades correspondientes a períodos de retorno de 2, 10 y 500 años: 30, 70 y 140 mm/h (DFG, 2018). Con ello, se han querido considerar tanto intensidades ordinarias (2 años) como extraordinarias (500 años), incluyendo otra correspondiente a un período de retorno habitual en el diseño de las redes de drenaje urbano (10 años).



Figura 1 | Simulador de lluvia

Por lo que respecta a las pendientes del pavimento, a pesar de que las diferentes normativas autonómicas de accesibilidad aplicables en zonas urbanas son dispares, los valores de la pendiente transversal máxima son muy similares, siendo el 2% el valor más habitual. En cuanto a la pendiente longitudinal de los itinerarios peatonales accesibles, los valores máximos exigidos oscilan entre el 6% y el 8% (Alonso López et al., 2010). Además, es habitual adoptar una pendiente transversal mínima del 1% para evacuar las aguas pluviales. Por ello, se ensayan aquellas pendientes que se consideran representativas: la mínima (1%), la máxima transversal (2%) y la máxima longitudinal (6%).

En definitiva, para estudiar la influencia de las geoceldas en los pavimentos permeables se han realizado, por un lado, ensayos de laboratorio con los materiales correspondientes a los pavimentos permeables, con y sin geoceldas, y, por otro lado, se han modelizado dichos materiales mediante el modelo proporcionado por EPA SWMM mediante el módulo LID correspondiente a los pavimentos permeables. Los análisis realizados permitirán calibrar los parámetros del modelo para simular el funcionamiento de pavimentos permeables con drenaje subsuperficial. De esta forma, se obtienen datos que más tarde podrán ser extrapolados a otras zonas urbanas y a otros tipos de pavimentos permeables, con o sin celdas de drenaje subsuperficial.

REFERENCIAS

Alonso López, F., Cruz Mera, A. de la, de Souza, E., Reyes Torres, R., Viéitez Vivas, A. M., Peinado Margalef, N., ... Corredor Sierra, B. (2010). *Accesibilidad en los espacios públicos urbanizados*.

DFG (2018). *Estudio de actualización del análisis de las precipitaciones intensas y recomendaciones de cálculo de caudales de avenidas en pequeñas cuencas del territorio histórico de Gipuzkoa (2017/03-BH-ZN)*. Informe de la Diputación Foral de Gipuzkoa, España.

Flutcher, S., & Wu, J. T. H. (2013). A state-of-the-art review on geosynthetics in low-volume asphalt roadway pavements. *International Journal of Geotechnical Engineering*, 7(4), 411–419.

Korkealaakso, J., Kuosa, H., Niemeläinen, E., & Tikanmäki, M. (2014). *Review of pervious pavement dimensioning, hydrological models and their parameter needs*. *State-of-the-Art*. Climate Adaptive Surface CLASS.

Mullaney, J., & Lucke, T. (2014). Practical review of pervious pavement designs. *Clean - Soil, Air, Water*, 42(2), 111–124

Rossman, L. A. (2015). *Storm water management model user's manual, version 5.1*. US Environmental Protection Agency: Cincinnati, OH, USA.

Sañudo Fontaneda, L. Á., Rodríguez Hernández, J., Castro Fresno, D. (2012). *Diseño y Construcción de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS)*. E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

Woods Ballard, B., Wilson, S., Udale-Clarke, H., Illman, S., Ashley, R., & Kellagher, R. (2015). *The SUDS manual*. CIRIA, London, UK.

Yin, J. H., & Shukla, S. K. (2006). *Fundamentals of Geosynthetic Engineering*. Taylor & Francis Group. London, UK