



Riesgo de inundación en España: análisis y soluciones para la generación de territorios resilientes



Excmo. Ayuntamiento de Orihuela



Riesgo de inundación en España:
análisis y soluciones para la generación
de territorios resilientes

Editores:

M^a Inmaculada López Ortiz
Joaquín Melgarejo Moreno

© los autores, 2020
© de esta edición: Universitat d'Alacant

ISBN: 978-84-1302-091-4

Reservados todos los derechos. No se permite reproducir, almacenar en sistemas de recuperación de la información, ni transmitir alguna parte de esta publicación, cualquiera que sea el medio empleado -electrónico, mecánico, fotocopia, grabación, etcétera-, sin el permiso previo de los titulares de la propiedad intelectual.

Coordinado por:

Patricia Fernández Aracil

ÍNDICE

PRESENTACIÓN: DE LAS ROGATIVAS A LA GESTIÓN DE LAS INUNDACIONES EN ESPAÑA, M^a Inmaculada López Ortiz y Joaquín Melgarejo Moreno	13
PRÓLOGO: CONVIVIR CON LA INUNDACIÓN, Jorge Olcina Cantos	21
BLOQUE I. FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS Y PLANIFICACIÓN TERRITORIAL	25
EFICACIA DE LAS MEDIDAS MULTI-ESCALA PARA REDUCIR EL POTENCIAL EROSIVO Y LOS ARRASTRES DE SEDIMENTOS EN CUENCAS SEMI-ÁRIDAS, Luis G. Castillo Elsitdié, Juan T. García Bermejo, Juan Manuel García-Guerrero, José María Carrillo Sánchez, Francisco Javier Pérez De La Cruz	27
PRECIPITACIONES INTENSAS EN LA COMUNIDAD VALENCIANA. ANÁLISIS, SISTEMAS DE PREDICCIÓN Y PERSPECTIVAS ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO, Jorge Tamayo Carmona, José Ángel Núñez Mora	49
LIMITACIONES AL USO DEL SUELO EN ZONAS INUNDABLES: LEGISLACIÓN DE AGUAS, URBANÍSTICA Y DE PROTECCIÓN CIVIL, Ángel Menéndez Rexach ...	63
FORTALEZAS Y DEBILIDADES DE LOS SISTEMAS DE ALERTA ANTE INUNDACIONES, Gregorio Pascual Santamaría	83
REVISIÓN DE LOS EVENTOS MÁXIMOS DIARIOS DE PRECIPITACIÓN EN EL DOMINIO CLIMÁTICO DE LA MARINA ALTA Y LA MARINA BAJA (ALICANTE), Javier Valdés Abellán, Mauricio Úbeda Müller	109
INUNDACIONES Y CAMBIO CLIMÁTICO EN EL MEDITERRÁNEO, María del Carmen Llasat Botija	127
DANA 2019 Y ASPECTOS RELATIVOS A LA ESTIMACIÓN Y TRATAMIENTO DEL RIESGO ASOCIADO A INUNDACIONES, Luis Altarejos García, Juan T. García Bermejo, José María Carrillo Sánchez, Juan Manuel	143
IMPLANTACIÓN DEL SERVICIO SMART RIVER BASINS EN LA VEGA BAJA DEL SEGURA, Álvaro Rogríguez García, Ramón Bella Piñeiro, Xavier Llord, Simón José Pulido Leboeuf, Manuel Argamasilla Ruiz	167
METEOROLOGÍA DE LAS INUNDACIONES MEDITERRÁNEAS, Agustí Jansà Clar	185
IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA INTEGRADO DE PREDICCIÓN Y ALERTA DE INUNDACIONES EN GALICIA, Jerónimo Puertas Agudo	207
PLATAFORMAS DE ALERTA TEMPRANA Y DE GESTIÓN DE AVENIDAS. VISIÓN DESDE LA ADMINISTRACIÓN LOCAL, Miguel Fernández Mejuto	225
EL RIESGO DE INUNDACIÓN EN RAMBLAS Y BARRANCOS MEDITERRÁNEOS, Ana M^a Camarasa-Belmonte	239
ESTADO DE IMPLANTACIÓN DE LOS PLANES DE GESTIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN (P.G.R.I.) EN ESPAÑA, Mónica Aparicio Martín, Juan Francisco Arrazola Herreros, Francisco J. Sánchez Martínez	257
INUNDABILIDAD Y PLANIFICACIÓN URBANÍSTICA: HACIA EL ACLOPLAMIENTO DE LA CIUDAD A LA MATRIZ BIOFÍSICA DEL	

TERRITORIO , <i>Pedro Górgolas Martín</i>	281
EVALUACIÓN DE LA CALIDAD QUÍMICA DE LOS AZARBES DEL BAJO SEGURA Y EL BAIX VINALOPÓ TRAS LAS INUNDACIONES DE SEPTIEMBRE DE 2019 , <i>Gema Marco Dos Santos, Ignacio Meléndez Pastor, María Belén Almendro Candel, José Navarro Pedreño, Ignacio Gómez Lucas</i>	305
DELIMITACIÓN DE ZONAS INUNDABLES: EVOLUCIÓN LEGISLATIVA Y RÉGIMEN VIGENTE , <i>Ángel Menéndez Rexach</i>	315
PARTICULARIDADES DE LA PERIURBANIZACIÓN EN EL LITORAL MEDITERRÁNEO COMO CONDICIONANTE DEL RIESGO DE INUNDABILIDAD , <i>Antonio Gallegos Reina</i>	325
LA CARTOGRAFÍA DE VULNERABILIDAD COMO BASE DE LOS PLANES DE EMERGENCIA: ANÁLISIS-DIAGNÓSTICO DEL TÉRMINO MUNICIPAL DE DAYA VIEJA (ALICANTE) , <i>Antonio Oliva Cañizares, Alejandro Sainz-Pardo Trujillo y Esther Sánchez Almodóvar</i>	333
VULNERABILIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO TERRITORIAL EN LA SUBCUENCA DEL RÍO MACHÁNGARA, PROVINCIA DEL AZUAY (ECUADOR) , <i>Johnny Mena Iza, Yessenia Alquina Herrera, Teresa Palacios Cabrera</i>	347
PREDICCIÓN DE INUNDACIONES A PARTIR DE TORMENTAS DE DISEÑO Y CAMBIOS EN EL TERRITORIO EN CINCO CUENCAS HIDROLÓGICAS (SE ESPAÑA) , <i>Antonio Jódar Abellán, Javier Valdés Abellán, Concepción Pla, Miguel Ángel Pardo Picazo, Pedro Jiménez Guerrero, Daniel Prats</i>	357
ESTIMACIÓN GEOESTADÍSTICA DE CAUDALES MÁXIMOS DE AVENIDA EN EL TRAMO TORO-ZAMORA: POSIBLE INCIDENCIA DE LA SINUOSIDAD DEL RÍO DUERO EN LA LAMINACIÓN DE LAS PUNTAS DE CRECIDA , <i>José Fernando Muñoz Guayanay, Carolina Guardiola Albert y Andrés Díez Herrero</i>	367
EFFECTOS DE LA DANA DE SEPTIEMBRE DE 2019 SOBRE LA SALINIDAD DE LOS SUELOS Y LAS AGUAS EN LA ZONA DE CARRIZALES (ELCHE-ALICANTE) , <i>José Miguel de Paz, Alberto Lamberti, Fernando Visconti</i>	377
PREVENCIÓN FRENTE A PRESENCIA DE TRIHALOMETANOS EN EL AGUA DE CONSUMO HUMANO DURANTE INUNDACIONES , <i>Arturo Albaladejo Ruiz, María Yolanda Pérez Bragado</i>	389
ANÁLISIS DEL CAMBIO DE USO DEL SUELO Y SU IMPACTO EN LA RESPUESTA HIDROLÓGICA EN LA CUENCA DEL EMBALSE DE GUADALEST , <i>Teresa Palacios Cabrera, Javier Valdés Abellán, Antonio Jódar Abellán, Rafael Alulema</i> .	399
RECIENTES EPISODIOS DE LLUVIAS E INUNDACIONES EN LA DEPRESIÓN PRELITORAL MURCIANA , <i>Encarnación Gil-Meseguer, Miguel Borja Bernabé-Crespo, José María Gómez-Espín</i>	409
RECIENTES EPISODIOS DE LLUVIAS E INUNDACIONES EN EL LITORAL DE LA REGIÓN DE MURCIA , <i>Miguel Borja Bernabé-Crespo, Encarnación Gil- Meseguer, José María Gómez-Espín</i>	419
SISTEMA DE ALERTA ANTE INUNDACIONES EN LA CIUDAD DE MURCIA , <i>Pedro Daniel Martíenz Solano, Lorena Martínez Chenoll, Dorota Nowicz</i>	431
CONFLICTOS ENTRE DESARROLLO URBANO E INUNDABILIDAD EN LA AGLOMERACIÓN URBANA DE GRANADA , <i>Alejandro L. Grindlay Moreno, F. Emilio, Molero Melgarejo, Jorge Hernández Marín</i>	441

VARIABILIDAD DE LA PRECIPITACIÓN EN LA CUENCA DEL SEGURA DURANTE 1951-2018 , <i>Amar-Halifa-Marín, Miguel Ángel Torres Vázquez, Juan Sndrés García-Valero, Antonio Jesús Castillo Cascales, Juan Esteban Palenzuela Cruz</i>	451
LOS BARRANCOS DE LA SIERRA DE ORIHUELA EN LAS INUNDACIONES DEL BAJO SEGURA: EL CASO DE LA RAMBLA DE BONANZA , <i>Estela García Botella, Antonio Prieto Cerdán, Juan Antonio Marco Molina, Pablo Giménez Font, Ascensión Padilla Blanco</i>	465
INUNDACIÓN POR TSUNAMIS. SIMULACIONES NUMÉRICAS A MUY ALTA RESOLUCIÓN , <i>Carlos Sánchez Linares, Alejandro González del Pino, Jorge Macías Sánchez</i>	477
LA CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS ÁMBITOS URBANOS. UN ELEMENTO A TENER EN CUENTA PARA LA PLANIFICACIÓN DEL TERRITORIO , <i>Luis Miguel García Lozano</i>	489
BLOQUE II. MEDIDAS DE MITIGACIÓN E INFRAESTRUCTURAS	499
ORDENACIÓN DEL TERRITORIO PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIONES: PROPUESTAS , <i>Jorge Olcina Cantos</i>	501
EVOLUCIÓN DE LA GESTIÓN DE LAS INUNDACIONES EN ESPAÑA: RETOS FUTUROS , <i>Teodoro Estrela Monreal</i>	517
LA GESTIÓN DE LAS AGUAS PLUVIALES EN ÁREAS URBANAS: DE RIESGO A RECURSO , <i>María Hernández Hernández, David Sauri Pujol, Álvaro-Francisco Morote Seguido</i>	531
CRECIDAS, INUNDACIONES Y RESILIENCIA: RESTAURACIÓN FLUVIAL CONTRA LOS FALSOS MITOS , <i>Alfredo Ollero Ojeda</i>	549
EXPERIENCIAS Y PROPUESTAS PARA AUMENTAR LA RESILIENCIA URBANA FRENTE A INUNDACIONES , <i>M^a Elena García de Consuegra Priego</i>	569
ESTADO DE RIESGO DE LA VEGA BAJA DEL RÍO SEGURA FRENTE A INUNDACIONES. NECESIDAD DE REALIZAR UN PLAN DE INFRAESTRUCTURAS HIDRÁULICAS , <i>José Vicente Benadero García-Morato, Pedro Ignacio Muguruza Oxinaga, Jordi Marín Abdilla</i>	591
INCREMENTO DE LOS CAUDALES MÁXIMOS DE DISEÑO Y POSIBLE NO ESTACIONARIEDAD DE FENÓMENOS HIDROLÓGICOS EXTREMOS RELATIVOS A CRECIDAS E INUNDACIONES , <i>Francisco Cabezas Calvo-Rubio</i>	611
EL EFECTO LAMINADOR DE LOS EMBALSES DURANTE LAS AVENIDAS , <i>Luis Garrote de Marcos, Paola Bianucci</i>	629
LAS POLÍTICAS DE GESTIÓN DE RIESGOS Y DESASTRES DE DISTINTOS ORGANISMOS MULTILATERALES Y SU REPERCUSIÓN SOBRE EL DESARROLLO DE INFRAESTRUCTURAS DE PROTECCIÓN FRENTE A INUNDACIONES , <i>Ignacio Escuder Bueno</i>	647
LA ADAPTACIÓN COMO HERRAMIENTA CLAVE PARA DISMINUIR LOS RIESGOS DE INUNDACIÓN , <i>Francisco Javier Sánchez Martínez, Mónica Aparicio Martín, Juan Francisco Arrazola Herreros</i>	659
ESTUDIO DE IMPACTO DE TSUNAMIS EN LAS COSTAS ESPAÑOLAS , <i>Miguel Llorente Isidro, Marta Fernández-Hernández, Alejandro González del Pino, Julián García-Mayordomo, Juan Vicente Cantavella Nadal, Jorge Macías Sánchez, Juan-Tomás Vázquez, Carlos Sánchez Linares, Carlos Paredes Bartolomé, Ricardo León Buendía</i>	684

ENFOQUE PROBABILÍSTICO PARA LA SEGURIDAD HIDROLÓGICA DE INFRAESTRUCTURAS, <i>Alvaro Sordo-Ward, Iván Gabriel-Martín, Luis Garrote de Marcos</i>	701
CONSIDERACIONES SOBRE LA PELIGROSIDAD EN ZONAS URBANAS FRENTE A NUNDACIONES MEDIANTE SIMULACIONES A PARTIR DE MODELOS 2D, <i>José María Carrillo Sánchez, Luis G. Castillo Elsitdié, Juan T. García Bermejo, Juan Manuel García-Guerrero, Luis Altarejos García, Francisco Javier Pérez De La Cruz</i>	723
LA GESTIÓN EXTRAORDINARIA DE GRANDES INFRAESTRUCTURAS DURANTE LA DANA DE SEPTIEMBRE DE 2019: EL AZUD DE OJÓS, <i>Carlos Marco Ayala</i>	743
NUEVOS USOS EN EL NUEVO CAUCE DEL TURIA COMPATIBLES CON SU DEFENSA DE VALENCIA FRENTE A INUNDACIONES, <i>Francisco J. Vallés-Morán, Beatriz Nácher Rodríguez</i>	759
SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE. TIPOS Y OBJETIVOS, <i>Héctor Fernández Rodríguez, Arturo Trapote Jaume, Miguel Fernández Mejuto</i>	773
INFLUENCIA DE LOS SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS) EN EL DISEÑO DE COLECTORES Y EN EL RIESGO DE INUNDACIÓN, <i>Arturo Trapote Jaume</i>	787
RESEARCH ON URBAN WATERLOGGING IN CHINA, <i>Yang Yang</i>	797
GESTIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN EN LA PLANIFICACIÓN HIDROLÓGICA DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL SEGURA, <i>José Alberto Redondo Orts, M. Inmaculada López Ortiz</i>	805
EL PROBLEMA DE LA ESCORRENTÍA PLUVIAL EN EL NÚCLEO URBANO DE ASPE (ALICANTE), <i>Esther Sánchez Almodóvar, Javier Martí Talavera</i>	817
AS OBRAS DE PREVENÇÃO DE INUNDAÇÕES NO MARCO DA ECONOMIA CIRCULAR, <i>Felipe da Silva Claudino</i>	829
DEFINICIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA AMENAZA HIDROLÓGICA. DESARROLLO DE UN MODELO METODOLÓGICO PARA LA GESTIÓN RESILIENTE DE LAS INFRAESTRUCTURAS HIDRÁULICAS URBANAS, <i>Ramón Egea Pérez, Francisco José Navarro González</i>	841
EFFECTO SOBRE LAS INUNDACIONES DE LA IMPLEMENTACIÓN DE PRÁCTICAS AGRÍCOLAS EN LA RAMBLA DEL ALBUJÓN, <i>Adrián López Ballesteros, Javier Senent Aparicio, Julio Pérez Sánchez, Patricia Jimeno Sáez</i>	855
METODOLOGÍA DE REHABILITACIÓN DE REDES DE DRENAJE MEDIANTE LA INCLUSIÓN DE ELEMENTOS DE CONTROL HIDRÁULICO, <i>Leonardo Bayas-Jiménez, F. Javier Martínez-Solano, Pedro L. Iglesias-Rey</i>	863
SOSTENIBILIDAD COMO MEDIDA DE MITIGACIÓN DE INUNDACIONES: UNA BREVE REFLEXIÓN, <i>Francine Cansi, Paulo Márcio Cruz, Liton Lannes Pilau Sobrinho</i>	873
LA RAMBLA DE ABANILLA-BENFERRI COMO PARADIGMA PARA EL ESTUDIO DEL CONOCIMIENTO TRADICIONAL RELATIVO AL APROVECHAMIENTO DE LAS AGUAS DE AVENIDA, <i>Juan Antonio Marco Molina, Pablo Giménez Font, Ascensión Padilla Blanco, Estela García Botella, Antonio Prieto Cerdán</i>	881

LA RECUPERACIÓN DE COSTES Y LA FINANCIACIÓN DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN DE DAÑOS DE INUNDACIONES, Marcos García-López, Borja Montaña, Joaquín Melgarejo	897
SISTEMA DE RETENCIÓN DE SÓLIDOS Y ELEMENTOS FLOTANTES PROCEDENTES DE ALIVIOS DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO EN LA CIUDAD DE ALICANTE, Luis Gabino Cutillas Lozano, Miguel Rodríguez Mateos	907
SOLUCIONES A LAS INUNDACIONES DE LA CALA DE FINESTRAT, Miguel Angel Pérez Pascual, Pablo Alemany Sánchez	917
BLOQUE III. EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA, AMBIENTAL Y JURÍDICA	931
PLANIFICACIÓN SECTORIAL Y GESTIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIONES: AVANCES EN LA ESTRATEGIA DE INTEGRACIÓN TÉCNICO-JURÍDICA, Asensio Navarro Ortega	933
SEGURO DE INUNDACIÓN EN ESPAÑA: EL SEGURO DE RIESGOS EXTRAORDINARIOS, Francisco Espejo Gil	957
LA COMUNICACIÓN, UN PILAR FUNDAMENTAL EN LA GESTIÓN DE RIESGOS NATURALES, Fermín Crespo Rodríguez	973
VULNERABILIDAD Y ADAPTACIÓN A LAS INUNDACIONES EN ESPACIOS TURÍSTICOS DEL LITORAL MEDITERRÁNEO, Anna Ribas Palom	983
LA RESPONSABILIDAD DE LA ADMINISTRACIÓN EN SUPUESTOS DE DAÑOS ORIGINADOS POR INUNDACIONES: SITUACIÓN ACTUAL Y PERSPECTIVAS DE FUTURO, Jesús Conde Antequera	1001
EVALUACIÓN DE IMPACTO SOCIAL COMO HERRAMIENTA PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRE POR INUNDACIÓN, Antonio Aledo, Pablo Aznar-Crespo, Guadalupe Ortiz	1023
LA NUEVA ESTRATEGIA DEL DERECHO EN LA REGULACIÓN Y GESTIÓN DE LOS RIESGOS DE INUNDACIONES, José Esteve Pardo	1041
METODOLOGÍA Y RESULTADOS DEL ESTUDIO DE COSTE BENEFICIO PARA OBRAS ESTRUCTURALES EN LOS PLANES DE GESTIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN (P.G.R.I.), Francisco J. Sánchez Martínez, Juan Antonio Hernando Cobeña, Mónica Aparicio Martín, Silvia Cordero Rubio, Miguel Aldea Pozas, Elena Martínez Bravo	1049
ANÁLISIS DE LA PERCEPCIÓN SOCIAL PARA LA GESTIÓN Y COMUNICACIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIONES, Juan Antonio García Martín, María Amérigo Cuervo-Arango, José María Bodoque del Pozo, Andrés Díez-Herrero, Raquel Pérez-López, Fernando Talayero Sebastián	1069
¿ES LA NORMATIVA ESPAÑOLA UNA HERRAMIENTA ADECUADA PARA LA PREVENCIÓN DE LOS RIESGOS NATURALES?, Jesús Garrido Manrique	1087
EL FORO FUERZA VEGA BAJA: NECESIDADES Y POSIBILIDADES DE FINANCIACIÓN, Armando Ortuño Padilla, Santiago Folgueral Moreno, Fabio Amorós Fructuoso	1107
METODOLOGÍAS PARA LA ESTIMACIÓN ECONÓMICA DE LOS DAÑOS CAUSADOS POR AVENIDAS E INUNDACIONES, Alberto del Villar García	1129
LA FORMACIÓN Y PERCEPCIÓN SOBRE EL RIESGO DE INUNDACIÓN. UNA EXPLORACIÓN A PARTIR DE LAS REPRESENTACIONES SOCIALES DEL FUTURO PROFESORADO DE EDUCACIÓN PRIMARIA, Álvaro-Francisco Morote,	

<i>María Hernández</i>	1143
EL ANÁLISIS COSTE-BENEFICIO Y LA EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS DE INUNDACIÓN , <i>Patricia Fernández Aracil</i>	1153
ECONOMIA CIRCULAR: A REUTILIZAÇÃO DAS ÁGUAS RESIDUAIS NO SETOR URBANÍSTICO COMO BENEFÍCIO DO TURISMO NACIONAL , <i>Joline Picinin Cervi</i>	1163
LECCIONES DEL ETNOCONOCIMIENTO INDÍGENA PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO POR INUNDACIONES SÚBITAS. EL CASO DE LA COMUNIDAD INDÍGENA NASA (CAUCA-COLOMBIA) , <i>Isaleimi Quiguapumbo Valencia, Antonio Aledo Tur, Sandra Ricart Casadevall</i>	1171
ENSAYO SOBRE LA CONSTRUCCIÓN SOCIAL DE LA AMENAZA: INUNDACIONES EN LA CUENCA DEL RÍO JUQUERI, SÃO PAULO – BRASIL , <i>Rodolfo Baesso Moura, Fernando Rocha Nogueira, Rafael Costa e Silva, Samia Nascimento Sulaiman, Lucas Rangel Eduardo Silva, João Henrique José Vieira</i>	1181
PROGRAMA DE EDUCACIÓN INFANTIL EN EL RIESGO DE INUNDACIONES ‘VENERO CLARO-AGUA’ (ÁVILA) , <i>Andrés Díez Herrero, Mario Hernández Ruiz, Pablo Díez Marcelo, Carlos Carrera Torres</i>	1191
MEJORA DE LA PERCEPCIÓN Y CONOCIMIENTO INFANTIL SOBRE EL RIESGO DE INUNDACIONES: PROGRAMA ‘VENERO CLARO-AGUA’ (ÁVILA) , <i>Mario Hernández Ruiz, Miguel García-Pozuelo Ben, Andrés Díez Herrero, Carlos Carrera Torres</i>	1201
PRIMERA APROXIMACIÓN AL REGISTRO DE AVENIDAS E INUNDACIONES HISTÓRICAS EN LA PROVINCIA DE SEGOVIA , <i>Andrés Díez Herrero</i>	1211
MANIFESTACIONES CULTURALES POPULARES EN TORNO A LAS AVENIDAS E INUNDACIONES EN LA PROVINCIA DE SEGOVIA , <i>Andrés Díez Herrero</i>	1221
MEDIDAS Y ACCIONES PREVENTIVAS CONTRA INUNDACIONES EN LA CUENCA DEL SEGURA: UNA PERSPECTIVA HISTÓRICO-JURÍDICA , <i>Francisco José Abellán Contreras</i>	1231
LAS NARRATIVAS DE LOS PLANES GUBERNAMENTALES COMO UNA ESTRATEGIA PARA LA IMPOSICIÓN DE UN NUEVO CICLO DE EXPLORACIÓN EN LA REGIÓN AMAZÓNICA: EL CASO DE LAS HIDROELÉCTRICAS EN BRASIL , <i>Pedro Abib Hecktheuer, Maria Cláudia da Silva Antunes de Souza</i>	1241
ESTIMACIÓN ECONÓMICA DE DAÑOS POTENCIALES SOBRE INFRAESTRUCTURAS DE TRANSPORTE POR INUNDACIONES EN EL TRAMO TORO-ZAMORA , <i>Lei Dai, Manuel Romana García, Andrés Díez Herrero</i>	1257
EL GÉNERO COMO FACTOR DE FORMULACIÓN PARA LA CREACIÓN DE POLÍTICAS PÚBLICAS AMBIENTALES , <i>Marcus Alexsander Dexheimer, Mably Rosalina Fernandes</i>	1267
CARTOGRAFÍA DE RIESGOS DE INUNDACIÓN Y PLANIFICACIÓN. PROPUESTAS PARA BRASIL DESDE LA EXPERIENCIA ESPAÑOLA , <i>Andrés Molina Giménez, Ximena Cardozo Ferreira</i>	1275
EVALUACIÓN DE LA INTEGRACIÓN DE LA DIMENSIÓN SOCIAL Y LA PARTICIPACIÓN PÚBLICA EN LOS PLANES DE GESTIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN: ¿CAMBIO O CONTINUIDAD PARADIGMÁTICA? , <i>Ángela Olcina-Sala, Guadalupe Ortiz, Pablo Aznar-Crespo</i>	1283

RESPONSABILIDAD ADMINISTRATIVA DE LOS ENTES LOCALES POR FALTA DE MANTENIMIENTO O INDADECUACIÓN DE LAS INSTALACIONES DE SANEAMIENTO Y ALCANTARILLADO, <i>Belén Burgos Garrido</i>	1293
DE LA ROGATIVA POR EL AGUA A LA INTERVENCIÓN PREVENTIVA POR INUNDACIÓN. LA HUELLA DEL DERECHO EN LA FACHADA MEDITERRÁNEA PENINSULAR (I), <i>M^a Magdalena Martínez Almira</i>	1305
PUBLICACIONES CIENTÍFICAS ESPAÑOLAS SOBRE INUNDACIONES EN EL ÁMBITO INTERNACIONAL: ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO DE LA <i>WEB OF SCIENCE</i>, <i>Andrés Díez Herrero, Julio Garrote Revilla</i>	1321

INFLUENCIA DE LOS SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS) EN EL DISEÑO DE COLECTORES Y EN EL RIESGO DE INUNDACIÓN

Arturo Trapote Jaume

Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Instituto Universitario del Agua y de las Ciencias Ambientales
Universidad de Alicante, España

atj@ua.es

<https://orcid.org/0000-0003-2084-270X>

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es evaluar la influencia de los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) en el diseño de los colectores de aguas pluviales. Para ello, se ha estudiado el caso hipotético de un sector urbano en el que sus superficies tradicionalmente impermeables (pavimentos de aceras y calzadas, tejados y cubiertas de edificios, etc.), son sustituidos por SUDS (pavimentos permeables, cubiertas y fachadas vegetadas, zanjas y pozos filtrantes, jardines de lluvia, estanques de retención, depósitos de detención, etc.), de manera que se tienen distintos porcentajes o estados de impermeabilización del sector. Para cada estado de impermeabilización se ha calculado el caudal de escorrentía y el correspondiente diámetro del colector de drenaje. Finalmente, se ha realizado un análisis del riesgo de inundación, basado en la probabilidad de ocurrencia de las precipitaciones según diferentes periodos de retorno. Los resultados obtenidos demuestran que con los SUDS disminuyen los caudales de escorrentía y, consecuentemente, se reducen los diámetros del colector de drenaje, al mismo tiempo que disminuyen los riesgos de inundación por desbordamiento del colector.

1. INTRODUCCIÓN

El efecto más característico del proceso de urbanización es la impermeabilización del suelo, que altera el ciclo hidrológico natural, especialmente el modelo de transformación de la lluvia en escorrentía. La impermeabilización del suelo incide significativamente en el balance infiltración-escorrentía, al disminuir la capacidad de infiltración del terreno y, consecuentemente, aumentar los caudales de escorrentía. Así, en un terreno natural la infiltración representa entre el 80-90% de la precipitación y la escorrentía el 10-20%, en una zona residencial (densidad media-baja) la infiltración puede suponer el 50-60% y la escorrentía el 40-50%, mientras que en un área altamente urbanizada la infiltración sería inferior al 10% y la escorrentía podría superar el 90% (GSMM, 2016).

Los denominados Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) contribuyen a paliar los efectos adversos de la urbanización, ya que permiten recuperar, al menos parcialmente, las características naturales de infiltración del suelo. A título de ejemplo, en la Fig. 1 se representan los diferentes hidrogramas de respuesta de una cuenca urbana ante un mismo aguacero, según su estado de urbanización: en la fase previa de desarrollo de la urbanización (*pre-development, greenfield*), tras el desarrollo urbano sin SUDS (*post-development, without flow attenuation*) y urbanizada con la implantación de SUDS para el control de puntas y protección frente inundaciones (*with flow attenuation*). Se puede observar que, aunque el caudal punta es el mismo tanto en la fase previa al desarrollo urbano como en la fase posterior al mismo, con los SUDS la diferencia de áreas de ambos

hidrogramas indica un incremento de volumen de la escorrentía debido a la urbanización (CIRIA, 2015).

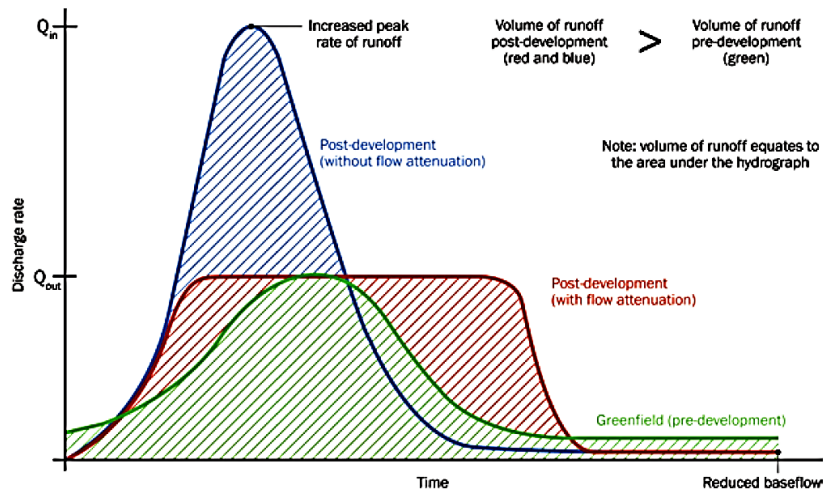


Figura 1. Ejemplo de hidrogramas de escorrentía de una cuenca en diferentes fases de desarrollo urbano. Fuente: CIRIA (2015).

Un análisis hidrológico más pormenorizado se muestra gráficamente en la Fig. 2, en donde se representa el hidrograma de respuesta de una cuenca, antes y después de ser urbanizada, ante un evento de precipitación de duración D e intensidad I variable (pluviograma de la parte superior de la figura). Como se puede observar, al impermeabilizar la cuenca, se genera un caudal pico o punta (Q_p) mucho mayor y se reduce el tiempo de desfase de la punta (T_{dp}), esto es, el tiempo de llegada al punto de control. Asimismo, la pendiente más pronunciada de la rama ascendente del hidrograma denota que la velocidad de llegada es mucho mayor. A partir de Q_p el caudal descende bruscamente, llegando a situarse por debajo del caudal base (Q_b) que se tendría en condiciones naturales.

En la cuenca pre-urbanizada (natural), una gran parte del agua precipitada se infiltra al subsuelo mientras el resto fluye por la superficie en forma de escorrentía. En cambio, en una cuenca post-urbanizada (impermeabilizada), la mayor parte del agua de lluvia fluye por la superficie, en forma de escorrentía (Perales, 2014).

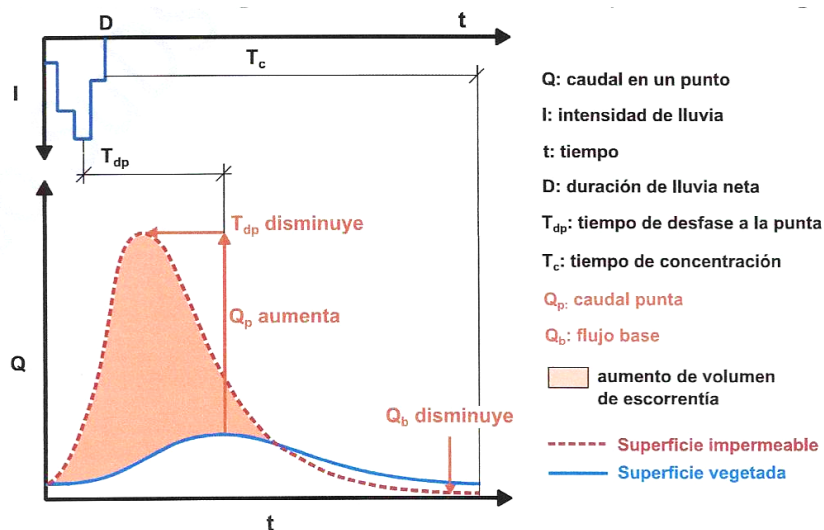


Figura 2. Cambios inducidos por el desarrollo urbano en la transformación lluvia-escorrentía. Fuente: Perales (2014).

A la hora de considerar la implementación de SUDS, cabría distinguir, en general, dos casos: el primero -más deseable- sería aquel en que se integrarían los SUDS en la fase de proyecto o de planeamiento urbanístico (planes generales, planes parciales, etc.), y el segundo sería el de un suelo urbano consolidado en el que, progresivamente, se fueran sustituyendo las superficies impermeables (pavimentos de calzadas y aceras, tejados y cubiertas de edificios, etc.), por determinados SUDS que permeabilizan el suelo (pavimentos permeables, cubiertas y fachadas vegetadas, pozos y zanjas filtrantes, jardines de lluvia, etc.). Lo que se pretende en ambos casos es reducir los caudales de escorrentía, difiriendo únicamente en cuanto a la etapa en que se implementarían los SUDS, esto es, antes o después de la urbanización del suelo, siendo válido el estudio que aquí se desarrolla para cualquiera de ellos.

Para realizar el estudio se ha supuesto un sector de suelo urbano (cuenca urbana), que drena sus aguas pluviales (escorrentía) a través de un colector, y se ha evaluado la influencia de la implementación de SUDS en el diseño del mismo, al ir disminuyendo el grado de impermeabilización de la cuenca y, consecuentemente, los caudales de escorrentía. Asimismo, se ha llevado a cabo un análisis del riesgo de inundación por desbordamiento del colector.

2. METODOLOGÍA

Se supone el caso de una cuenca o sector urbano, del que se conocen su área (A) y la longitud (L_c) y la pendiente (J_c) del cauce principal (alcantarilla). El sector drena sus aguas de escorrentía mediante un colector de pendiente (J), conocida, que arranca en el punto de desagüe del sector.

Se trata de obtener los caudales generados en el sector por una cierta precipitación, para diversos grados de impermeabilización y para un determinado periodo de retorno. Obtenidos los caudales, se calcularán los correspondientes diámetros del colector, lo que permitirá realizar un análisis comparativo de la influencia de los SUDS en su diseño. Posteriormente, se analizarán las implicaciones en el riesgo de inundación.

La metodología seguida comprende el cálculo sucesivo de las variables y parámetros que se indican a continuación:

- 1) Tiempo de concentración de la cuenca
- 2) Coeficientes de escorrentía
- 3) Intensidad de la precipitación
- 4) Coeficiente de uniformidad temporal de la precipitación
- 5) Caudales punta de escorrentía
- 6) Diámetros del colector de drenaje
- 7) Análisis del riesgo de inundación

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A los efectos del presente estudio, se consideran los siguientes datos base de partida:

- Área de la cuenca: $A = 0,5 \text{ km}^2$
- Longitud del cauce principal: $L_c = 1 \text{ km}$
- Pendiente del cauce principal: $J_c = 0,008 \text{ m/m}$
- Pendiente del colector de drenaje $J = 0,005 \text{ m/m}$

3.1. Tiempo de concentración de la cuenca (t_c)

El tiempo de concentración de la cuenca (t_c) se obtiene aplicando la siguiente expresión (MF, 2016):

$$t_c = 0,3 \cdot L_c^{0,76} \cdot J_c^{-0,19} \quad (1)$$

Sustituyendo valores en la Ec. (1), se tiene:

$$t_c = 0,3 \cdot 1^{0,76} \cdot 0,008^{-0,19} = 0,75 \text{ horas} = 45 \text{ minutos}$$

3.2. Coeficientes de escorrentía (C)

El coeficiente de escorrentía (C) pueden obtenerse con la siguiente ecuación lineal (GSMM, 2016):

$$C = 0,05 + 0,009 \cdot I_{imp} \quad (2)$$

donde I_{imp} es el grado o índice de impermeabilización de la cuenca (%).

La Tabla 1 recoge los valores de C en función de I_{imp} y respectivos porcentajes de reducción de C (%rC) según las reducciones porcentuales de I_{imp} (%r I_{imp}).

I_{imp} (%)	%r I_{imp}	C	%rC
90	0,00	0,86	0,00
81	10,00	0,78	9,30
72	20,00	0,70	18,61
63	30,00	0,62	27,91
54	40,00	0,54	37,21
45	50,00	0,46	46,51
36	60,00	0,37	56,98
27	70,00	0,29	66,23

Tabla 1. Valores del coeficiente de escorrentía (C) para diferentes grados de impermeabilización de la cuenca (I_{imp}) y porcentajes de reducción respectivos (%rC y %r I_{imp}). Fuente: elaboración propia.

3.3. Intensidad de la precipitación (I)

Para determinar la intensidad de la precipitación (I) se ha fijado un periodo de retorno (T) de 5 años, típico de las redes de drenaje urbanas (CEDEX, 2007). Asimismo, se considera que para la cuenca de estudio existen curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (I-D-F), según muestra la Fig. 3.

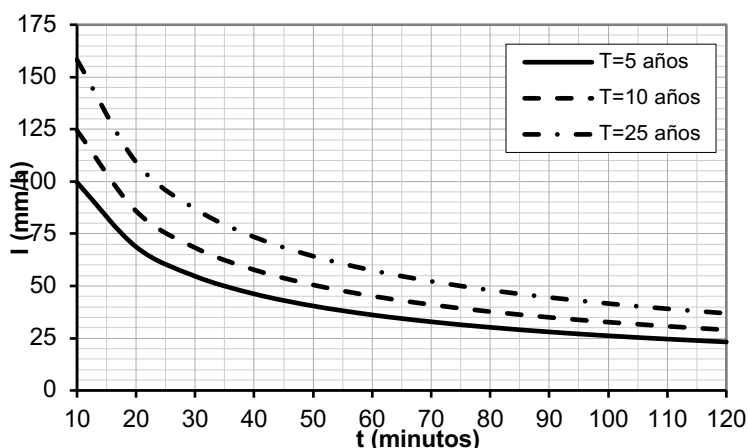


Figura 3. Curvas I-D-F (supuestas) de la zona de estudio. Fuente: elaboración propia.

Para $T = 5$ años y una duración del aguacero (t) igual a t_c (45 minutos), la intensidad de la precipitación es (entrando en la gráfica de la Fig. 3): $I = 43 \text{ mm/h}$

3.4. Coeficiente de uniformidad temporal de la precipitación (K_t)

El coeficiente de uniformidad temporal de la precipitación (K_t) se determina con la siguiente expresión:

$$K_t = 1 + \frac{t_c^{1,25}}{t_c^{1,25} + 14} \quad (3)$$

Sustituyendo valores en la Ec. (3), se tiene:

$$K_t = 1 + \frac{0,75^{1,25}}{0,75^{1,25} + 14} = 1,05$$

3.5. Caudales punta de escorrentía (Q_p)

Para calcular los caudales punta de escorrentía (Q_p) utilizamos el Método Racional Modificado (MF, 2016), según el cual el caudal punta correspondiente al período de retorno T en el punto de desagüe de la cuenca es:

$$Q_p = \frac{I \cdot C \cdot A \cdot K_t}{3,6} \quad (4)$$

En la Tabla 2 se recogen los caudales punta (Q_p) -obtenidos sustituyendo valores en la Ec. (4): $A = 0,5 \text{ km}^2$, $K_t = 1,05$, $T = 5$ años e $I = 43 \text{ mm/h}$, y teniendo en cuenta la Ec (2)- para diferentes grados de impermeabilización (I_{imp}) del sector urbano de estudio (apartado 3.2), junto con las reducciones porcentuales de Q_p ($\%rQ_p$) en función de los porcentajes de reducción de I_{imp} ($\%rI_{imp}$).

I_{imp} (%)	Q_p (m ³ /s)	$\%rI_{imp}$	$\%rQ_p$
90	5,4	0,00	0,00
81	4,9	10,00	9,26
72	4,4	20,00	18,52
63	3,9	30,00	27,78
54	3,4	40,00	37,04
45	2,9	50,00	46,30
36	2,3	60,00	57,41
27	1,8	70,00	66,67

Tabla 2. Valores de los caudales punta de escorrentía (Q_p) en función del grado de impermeabilización del sector (I_{imp}) y respectivas reducciones porcentuales ($\%rQ_p$ y $\%I_{imp}$).

Fuente: elaboración propia.

Obviamente, puesto que existe una relación lineal (proporcional) entre el caudal punta de escorrentía (Q_p) y el grado de impermeabilización del sector (I_{imp}), las reducciones porcentuales del caudal punta ($\%rQ_p$) también serán proporcionales al grado de impermeabilización ($\%rI_{imp}$). Es decir, las reducciones porcentuales del grado de impermeabilización implican idénticas reducciones porcentuales del caudal punta de escorrentía.

3.6. Diámetros del colector de drenaje (D)

Para calcular los diámetros del colector de drenaje (D) correspondientes a los caudales punta de escorrentía (Q_p) anteriormente obtenidos, emplearemos la fórmula de Manning (Chow, 1994), considerando flujo permanente y uniforme:

$$Q_p = \frac{1}{n} \cdot J^{1/2} \cdot R_h^{2/3} \cdot S \quad (5)$$

donde, n (adimensional) es el coeficiente de rugosidad de Manning, J (m/m) la pendiente geométrica del colector, R_h (m) el radio hidráulico (relación entre el área ocupada por el agua en el colector y el perímetro mojado) y S (m^2) el área ocupada por el agua en el colector.

Aunque en la práctica los colectores se diseñan a sección parcialmente llena (75-85%), asumiremos que el colector va a sección llena ($R_h = D/4$), pero sin entrar en carga, es decir, funciona en el límite de lámina libre (a los efectos del análisis que nos ocupa esta hipótesis es válida y no desvirtúa los resultados).

Despejando D (m) de la Ec. (5), teniendo en cuenta que $R_h = D/4$ y que $S = \pi D^2/4$, se tiene:

$$D = \left(\frac{n}{0,31 \cdot J^{1/2}} \right)^{0,375} \cdot Q_p^{0,375} \quad (6)$$

Considerando que el conducto es de hormigón, $n = 0,013$ (Chow, 1994) y que $J = 0,005$, la Ec. (6) puede escribirse como:

$$D = 0,822 \cdot Q_p^{0,375} \quad (7)$$

En la Tabla 3 se recogen los diámetros del colector de drenaje (D), obtenidos mediante la Ec. (7) para cada uno de los caudales punta previamente calculados (Tabla 2), según los diferentes grados de impermeabilización (I_{imp}) del sector urbano de estudio, junto con las reducciones porcentuales de D (%rD) en función de los porcentajes de reducción de I_{imp} (%r I_{imp}).

La gráfica de la Fig. 4 muestra los valores de las reducciones porcentuales de D (%rD) en función de los porcentajes de reducción de I_{imp} (%r I_{imp}) y la curva de tendencia. Se observa que las reducciones porcentuales de D (%rD) en función de los porcentajes de reducción de I_{imp} (%r I_{imp}) siguen una curva polinómica de 2º grado creciente (curva de regresión parabólica), cuya ecuación es:

$$\%rD = 0,002 \cdot (\%rI_{imp})^2 + 0,3186 \cdot (\%rI_{imp}) + 0,3725 \quad (R^2 = 0,9946) \quad (8)$$

I_{imp} (%)	D (m)	%r I_{imp}	%rD
90	1,55	0,00	0,00
81	1,49	10,00	3,87
72	1,43	20,00	7,74
63	1,37	30,00	11,61
54	1,30	40,00	16,13
45	1,22	50,00	21,29
36	1,13	60,00	27,10
27	1,03	70,00	33,55

Tabla 3. Valores de los diámetros del colector (D) en función del grado de impermeabilización del sector (I_{imp}) y respectivas reducciones porcentuales (%rD y %r I_{imp}). Fuente: elaboración propia.

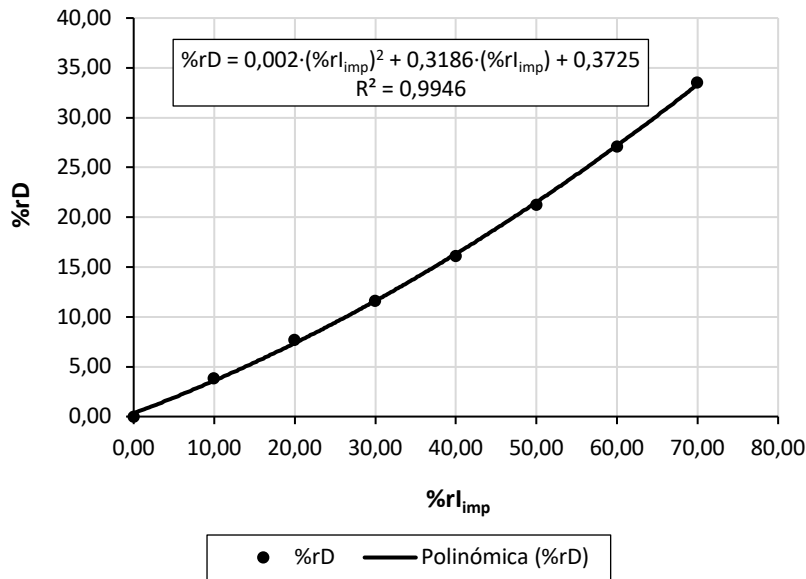


Figura 4. Valores de las reducciones porcentuales de D (%rD) en función de los porcentajes de reducción de I_{imp} (%r I_{imp}) y curva polinómica de tendencia (parábola creciente de 2º grado)

La Ec. (8) permite cuantificar técnica y económicamente la reducción porcentual del diámetro de un colector de drenaje en función de la reducción porcentual del grado de impermeabilización de un sector urbano, como consecuencia directa de la implementación de SUDS en el sector en cuestión.

3.7. Análisis del riesgo de inundación

En nuestro caso de estudio, para el cálculo de los caudales de escorrentía se ha adoptado un periodo de retorno (T) de 5 años. Como anteriormente se ha visto, para T = 5 años y una duración del aguacero (t) igual a $t_c = 45$ minutos, la intensidad de la precipitación es (entrando en la gráfica de la Fig. 3): $I = 43$ mm/h, y el correspondiente caudal punta: $Q_p = 5,4$ m³/s (Tabla 2), para un grado de impermeabilización (I_{imp}) del 90%.

La probabilidad de ocurrencia de esta precipitación de 5 años de periodo de retorno es:

$$P = \frac{1}{T} = \frac{1}{5} = 0,20 = 20\%$$

Es decir, la probabilidad de que en un año cualquiera (dentro de este periodo) se iguale o supere dicha precipitación es del 20%. Por consiguiente, la probabilidad de que la capacidad hidráulica de diseño del colector sea insuficiente al menos una vez un año cualquiera es del 20% o, lo que es lo mismo, el riesgo de inundación por desbordamiento (R) es del 20%.

Analizaremos seguidamente la aplicación al caso de estudio de periodos de retorno de 10 y 25 años, deseable este último de conformidad con la Directiva de Inundaciones (obviamente, la duración del aguacero se mantiene constante e igual al tiempo de concentración: $t = t_c = 45$ minutos, por cuanto t_c es una característica intrínseca de la cuenca).

Para T = 10 años, la intensidad de la precipitación es (entrando en la gráfica de la Fig. 3): $I = 54$ mm/h. Sustituyendo valores en la Ec. (4), se obtienen los Q_p que se indican en la Tabla 4, para los diferentes grados de impermeabilización del sector (I_{imp}).

I_{imp} (%)	Q_p (m ³ /s)
90	6,8
81	6,1
72	5,5
63	4,9
54	4,2
45	3,6
36	2,9
27	2,3

Tabla 4. Valores de los caudales punta (Q_p) para $T = 10$ años y diferentes grados de impermeabilización del sector (I_{imp}). Fuente: elaboración propia.

Se puede observar en la Tabla 4, que para $T = 10$ años y un grado de impermeabilización del sector de $I_{imp} = 72\%$, se obtiene, prácticamente, el mismo caudal que en el caso de $T = 5$ años e $I_{imp} = 90\%$.

La probabilidad de ocurrencia de esta precipitación de 10 años de periodo de retorno es:

$$P = \frac{1}{T} = \frac{1}{10} = 0,10 = 10\%$$

En este caso, el riesgo de inundación por desbordamiento es: $R = 10\%$.

Por su parte, para $T = 25$ años, la intensidad de la precipitación es (entrando en la gráfica de la Fig. 3): $I = 69$ mm/h. Sustituyendo valores en la Ec. (4), se obtienen los Q_p que se indican en la Tabla 5, para los diferentes grados de impermeabilización del sector (I_{imp}).

I_{imp} (%)	Q_p (m ³ /s)
90	8,7
81	7,8
72	7,0
63	6,2
54	5,4
45	4,6
36	3,8
27	2,9

Tabla 5. Valores de los caudales punta (Q_p) para $T = 25$ años y diferentes grados de impermeabilización del sector (I_{imp}). Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en la Tabla 5, para $T = 25$ años y un grado de impermeabilización del sector de $I_{imp} = 54\%$, se obtiene el mismo caudal que para $T = 5$ años e $I_{imp} = 90\%$ y que para $T = 10$ años e $I_{imp} = 72\%$.

La probabilidad de ocurrencia de esta precipitación de 25 años de periodo de retorno es:

$$P = \frac{1}{T} = \frac{1}{25} = 0,04 = 4\%$$

Por consiguiente, el riesgo de inundación por desbordamiento es: $R = 4\%$.

En resumen, tal y como muestra la Fig. 5, el aumento del grado de impermeabilización del sector (I_{imp}) provoca un incremento del riesgo de inundación por desbordamiento del colector (R) según una curva polinómica de 2º grado (parábola), cuya ecuación es:

$$R = 0,0062 \cdot (I_{imp})^2 + 0,4444 \cdot (I_{imp}) + 10 \quad (R^2 = 1) \quad (8)$$

O, dicho de otra forma, la disminución del grado de impermeabilización del suelo (I_{imp}) reduce el riesgo de inundación por desbordamiento del colector (R), según una curva parabólica de 2º grado.

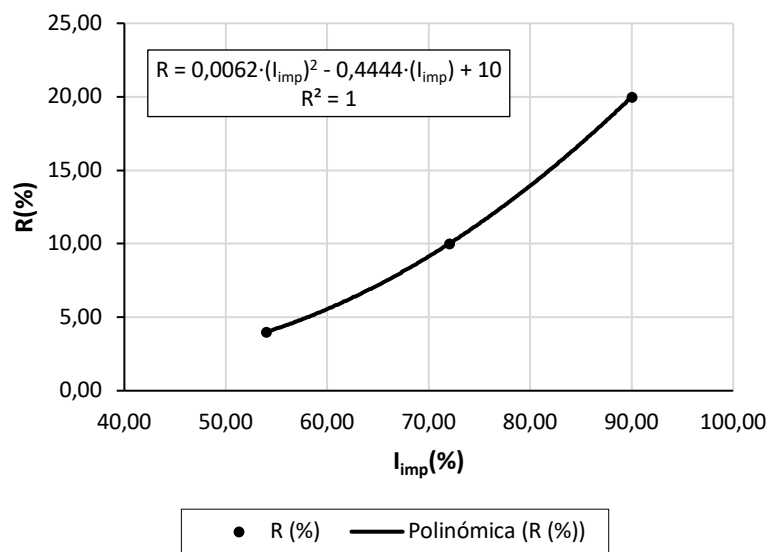


Figura 5. Aumento del riesgo de inundación (R) con el grado de impermeabilización (I_{imp}) de la cuenca (sector urbano): relación polinómica de 2º grado (curva de ajuste parabólica). Fuente: elaboración propia.

4. CONCLUSIONES

Los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) reducen el grado de impermeabilización del suelo, integrando técnicas tales como pavimentos permeables, cubiertas y fachadas vegetadas, pozos y zanjas de infiltración, jardines de lluvia, etc., que palían los efectos negativos de la urbanización. En el presente trabajo se ha analizado la influencia de la implementación de SUDS en el diseño del colector de drenaje de la escorrentía generada en un sector urbano y en el riesgo de inundación por el desbordamiento del referido colector.

Se ha supuesto el caso de un sector urbano con un elevado grado inicial de impermeabilización (90%) y se han aplicado sucesivas disminuciones porcentuales del mismo, calculándose los correspondientes caudales punta de escorrentía y, con éstos, los diámetros necesarios del colector. Los resultados obtenidos demuestran que las reducciones porcentuales del grado de impermeabilización del suelo implican reducciones porcentuales del diámetro del colector de drenaje según una relación polinómica de 2º grado, con la consiguiente disminución de los costes del mismo.

En cuanto al riesgo de inundación, del análisis efectuado se desprende que la reducción del grado de impermeabilización del sector implica que el riesgo de inundación se reduce también según una curva polinómica de 2º grado, de manera que si se disminuye el grado de impermeabilización del sector de un 20% (del 90 al 72%), se reduce a la mitad el riesgo de inundación (del 20 al 10%), y que si se disminuye el grado de impermeabilización en un 40% (del 90 al 54%), el riesgo de inundación se reduce a la quinta parte (del 20 al 4%).

REFERENCIAS

- Atlanta Regional Commission (2016). *Georgia Stormwater Management Manual*, Vol. 2 (GSMM). Atlanta Regional Commission, Atlanta, GA, USA.
- Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) (2007). *Guía Técnica sobre redes de saneamiento y drenaje urbano*.
- Chow, V.T. (1994). *Hidráulica de canales abiertos*. McGraw Hill Interamericana, Santafé de Bogotá, Colombia.
- Construction Industry Research and Information Association (CIRIA) (2015). *The SUDS Manual*, London, UK.
- Ministerio de Fomento (MF) (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*. Boletín Oficial del Estado, 60.
- Perales, S. (2014). *Curso de Gestión Integral del agua de lluvia en entornos urbanos: Sistemas de Drenaje Sostenible (SUDS)*. Instituto Didactia, Almería, España.
- *Real Decreto 903/2010, de 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación, por el que se transpone al ordenamiento jurídico español la Directiva 2007/60 de evaluación y gestión de los riesgos de inundación (Directiva de Inundaciones)*. Boletín Oficial del Estado, 171.