

# La resiliencia de Barcelona frente al cambio climático: el Proyecto RESCCUE

Malgrat, P.<sup>a</sup>, Martínez-Gomariz, E.<sup>b</sup>, Russo, B.<sup>a,c</sup>, Vela, S.<sup>b</sup>, Velasco, M.<sup>a</sup>, Gabàs, A.<sup>d</sup>, Marin, D.<sup>b</sup>

<sup>a</sup>AQUATEC (SUEZ Advanced Solutions). Paseo de la Zona Franca, 46-48, 08038, Barcelona, España, <sup>b</sup>Centro Tecnológico del agua (CETAqua). Carretera d'Esplugues, 75, 08940, Cornellà del Llobregat, Barcelona, España, <sup>c</sup>Grupo de Ingeniería Hidráulica y Ambiental (GIHA), Escuela Politécnica de La Almunia (EUPLA), Universidad de Zaragoza. C/ Mayor s/n, 50100, La Almunia, Zaragoza, España, <sup>d</sup>Gerència Adjunta de Mobilitat i Infraestructures, Ecologia Urbana, Ajuntament de Barcelona, España. E-mail: <sup>a1</sup>pmalgratb@aquatec.es, <sup>b1</sup>eduardo.martinez@cetaqua.com, <sup>a2,c</sup>brusso@aquatec.es, <sup>b2</sup>svela@cetaqua.com, <sup>a3</sup>marc.velasco@suez.com, <sup>d</sup>agabasm@bcn.cat., <sup>b3</sup>dmarin@cetaqua.com

Línea temática C | Agua y ciudad

---

## RESUMEN

El proyecto RESCCUE es un proyecto de investigación financiado por la Comisión Europea en el programa H2020 que tiene como objetivo proporcionar un marco que permita la evaluación, planificación y gestión de resiliencia de las ciudades del siglo XXI, utilizando herramientas y metodologías innovadoras, relacionadas con el funcionamiento detallado de los servicios urbanos y, a la vez, una plataforma para un análisis más holístico e integral de la resiliencia. Estas herramientas permitirán la evaluación de la resiliencia urbana desde un enfoque multisectorial, para escenarios de cambio climático actuales y futuros, incluyendo múltiples amenazas climáticas y posibles efectos en cascada. El enfoque RESCCUE se aplicará en tres ciudades entre las cuales Barcelona, ciudad que desde hace años está trabajando intensamente en analizar y mejorar su resiliencia y actualmente está elaborando su primer Plan de Resiliencia. A través del Proyecto RESCCUE, se pretende profundizar en el diagnóstico de la resiliencia de la ciudad frente a fenómenos climáticos extremos y a aumentar la misma a través de nuevas metodologías y herramientas que llevarán a la propuesta de varias medidas y estrategia de adaptación. Gracias a la implicación de UN-Habitat en el Proyecto, este enfoque trascenderá a las tres ciudades estudiadas, pudiendo llegar a muchas más en todo el mundo.

---

## INTRODUCCIÓN

El ser humano vive en un mundo principalmente urbano y el crecimiento de las ciudades se prevé ascendente en el futuro. Hoy en día el 54% de la población vive en zonas urbanas y se espera que para el año 2050 ese porcentaje ascienda al 66% (UN, 2014). En este contexto, el cambio climático causará presiones, incertidumbres e impactos sobre el medio, y afecciones a las actividades que las personas desarrollan diariamente en las ciudades (ARUP, 2015). En particular, los servicios urbanos, tales como abastecimiento de agua o suministro de energía, se podrán ver afectados por las amenazas climáticas de los próximos años con serias consecuencias para los ciudadanos que en las ciudades desarrollan dichas actividades humanas. La apropiada gestión de las ciudades ha sido uno de los desafíos del siglo XXI, a cuya dificultad se deben añadir las consecuencias de los impactos derivados del cambio climático. En este contexto, el proyecto RESCCUE (RESilience to cope with Climate Change in Urban arEas - a multisectorial approach focusing on water) pretende ofrecer soluciones para las ciudades del siglo XXI para ser más resilientes frente a los desafíos físicos, sociales y económicos venideros.

El proyecto RESCCUE se enmarca en el programa de financiación europea de proyectos Horizonte 2020 y tiene como principal objetivo la evaluación, planificación y gestión de la resiliencia de las ciudades. Para lograr el objetivo establecido, se propone, por un lado, el uso de nuevas metodologías y herramientas para elaborar modelos sectoriales capaces de analizar, con detalle, la resiliencia de los diferentes servicios urbanos y, por el otro, el uso de una plataforma de resiliencia más transversal, HAZUR, que abarque los diferentes servicios urbanos y sus relaciones en una visión más holística del problema. Todas estas herramientas evaluarán la resiliencia para las situaciones climáticas actuales y para diferentes escenarios de cambio climático. Este planteamiento tendrá como objeto de análisis 3 ciudades europeas, Barcelona, Lisboa y Bristol, permitiéndose así la implementación de las metodologías y herramientas propuestas en ámbitos con características y capacidad de respuesta

diferentes. El proyecto RESCCUE, liderado por Aquatec – SUEZ Advanced Solutions y con un total de 18 socios, entre los cuales cabe mencionar la presencia de los tres ayuntamientos de las ciudades, proporcionará nuevas metodologías y herramientas innovadoras y a la vez resultados de análisis de impactos de las diferentes amenazas climáticas analizadas. Todo eso confluirá en Planes de Acción de Resiliencia específicos para cada una de las tres ciudades.

Teniendo en cuenta las interdependencias existentes entre los diversos servicios de las ciudades, RESCCUE se centra en los fallos en cascada y las interrelaciones que pueden ocurrir entre varios servicios urbanos (Watts y Ren, 2008). El apagón eléctrico, la situación de sequía y la sobrecarga del sistema ferroviario de cercanías que sufrió Barcelona en julio de 2007 son claros ejemplos de este tipo de emergencias. Por un lado, Barcelona se vió inmersa en una situación de sequía preocupante (que se agravó más tarde hasta que terminó en 2008) y que tuvo impactos negativos en el sector energético, ya que la generación de energía hidroeléctrica fue mínima debido a los bajos niveles de agua en los embalses situados aguas arriba de la ciudad (Martín-Ortega y Markandya, 2009). Por otro lado, el servicio de ferrocarriles regionales se encontraba desbordado debido a las obras de construcción del tren de alta velocidad. Estas situaciones, ya críticas de por sí, culminaron con el apagón eléctrico ocurrido en medio del verano. Esta crisis tuvo enormes impactos socio-económicos que se prolongaron durante todo el verano como fue el caso de las deficiencias del sistema eléctrico. También hubo repercusiones en el impacto sobre la imagen y marca de la ciudad a nivel internacional, dado que todo esto ocurría durante la temporada alta de turismo en la ciudad. Aunque este último factor es difícil de cuantificar, no puede despreciarse considerando que el turismo tiene un peso muy importante en la economía barcelonesa generando unos ingresos de 37 M € / día y un total de 7,9 M turistas / año (Ayuntamiento de Barcelona y Cámara de Comercio de Barcelona, 2015). Por todo lo dicho, está claro que tales episodios son cada día más nefastos para las ciudades con impactos ingentes en muchos sectores y hay que tratar que no se repitan o, por lo menos, estar debidamente preparados en casos ocurran, teniendo en cuenta además que los impactos de estas crisis podrían verse exacerbados debido a los impactos futuros que el cambio climático podría suponer.

En este contexto, RESCCUE tiene como objetivo mejorar la resiliencia urbana de nuestras ciudades a través de un conjunto de modelos y herramientas de software que, en primer lugar, evalúan los impactos del cambio climático en varios sectores y luego los interconectan para evaluar la resiliencia urbana en su conjunto para el estado actual y una amplia gama de potenciales escenarios climáticos en el futuro. Finalmente, se implementarán estrategias innovadoras para mejorar la resiliencia. El enfoque multisectorial del concepto de resiliencia urbana (con el sector del agua como centro del análisis) que será abordado en RESCCUE constituye la principal innovación del proyecto. Los modelos y herramientas serán validados en las tres ciudades seleccionadas (Barcelona, Bristol y Lisboa) y además, como se ha dicho, se elaborarán planes de acción de resiliencia para cada una de estas ciudades, basándose en las experiencias previas y el trabajo desarrollado en cada caso, y utilizando todas las lecciones aprendidas en la generación de nuevos modelos y herramientas para un análisis más holística dentro del marco del proyecto RESCCUE.

---

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Resiliencia urbana

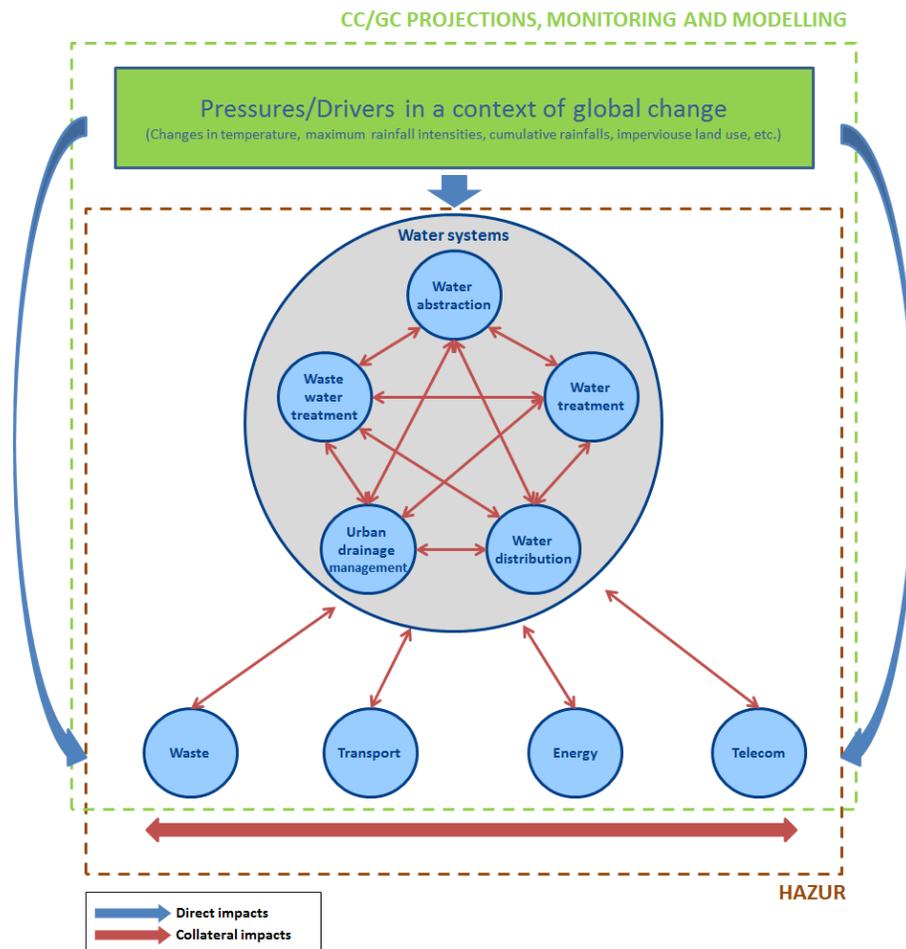
Según UN-Habitat (UN-Habitat, 2017), la resiliencia urbana se refiere a la capacidad de los asentamientos humanos para resistir y recuperarse rápidamente de cualquier peligro plausible. La resiliencia contra las crisis no sólo se refiere a la reducción de riesgos y daños por desastres (es decir, pérdida de vidas y bienes), sino también a la capacidad de recuperarse rápidamente volviendo a un estado de funcionamiento normal del sistema. Si bien las medidas típicas de reducción del riesgo tienden a centrarse en un peligro específico, dejando fuera los riesgos y las vulnerabilidades debidas a otros tipos de peligros, el enfoque de resiliencia adopta una visión más holística considerando riesgos múltiples y analizando la resiliencia frente a todo tipo de riesgos plausibles.

La aparición de una crisis constituye la preocupación más crítica para las ciudades del siglo XXI (Fundación Rockefeller, 2017). Debido a los impactos que el cambio climático puede suponer, las interrupciones de los servicios urbanos están ocurriendo más frecuentemente en ciudades de todo el mundo. Inundaciones, sequías, tormentas de viento, ola de calor

V Jornadas de Ingeniería del Agua. 24-26 de Octubre. A Coruña

son sólo algunas de las crisis climáticas a las cuales nuestras ciudades se enfrentan cada día y, cada vez más, con más consecuencias sobre la sociedad. Las zonas urbanas son sistemas complejos que no pueden ser entendidos solamente a través de visiones sectoriales (Walloth *et al.*, 2014). En este contexto, el proyecto RESCCUE tiene como objetivo evaluar la resiliencia actual y futura (relacionada con escenarios futuros de cambio climático) a través de un enfoque multisectorial tomando como punto de partida el sector del agua. Los condicionantes climáticos y las presiones que afectan el ciclo urbano del agua, como sequías o lluvias intensas, pueden producir impactos directos en distintos servicios urbanos estratégicos (suministro de agua, drenaje de aguas residuales y aguas pluviales, tratamiento de aguas residuales, residuos sólidos, telecomunicaciones, suministro de energía, etc.) y causar impactos colaterales, los llamados efectos en cascada, en otros servicios. Los gestores de servicios urbanos generalmente cuentan con modelos detallados para simular el comportamiento de sus sistemas frente a determinadas situaciones, pero carecen del conocimiento y las herramientas para predecir las consecuencias sobre otros servicios y sectores de la ciudad.

La Figura 1 representa el marco conceptual establecido en el Proyecto RESCCUE, y como se puede ver, el sector del agua tiene un rol primordial. En esta imagen se pueden ver los impactos directos del cambio climático en los diversos sectores, así como los impactos colaterales que los efectos en cascada implican debido a la interconexión de los servicios urbanos. Se pueden identificar en la figura los diversos modelos y herramientas sectoriales, así como el software holístico HAZUR® que es quién realiza el papel integrador entre los distintos servicios.



**Figura 1** | Marco de trabajo del Proyecto RESCCUE: un enfoque multisectorial centrado en el sector del agua.

Los sistemas urbanos pueden hacerse más eficientes mediante una mayor interconexión de sus infraestructuras. Sin embargo, las infraestructuras interconectadas también tienen desventajas, ya que una interrupción en un sistema afecta a cualquier otro que se apoye en él (Global Cities Institute y GDF Suez, 2015). Es crucial que el proceso de planificación tenga en

cuenta estas interconexiones y diseñe sistemas paralelos con redundancias múltiples para evitar interrupciones futuras. Esta es la razón por la que RESCCUE abordará esta cuestión analizando en detalle diferentes sistemas urbanos identificando las relaciones existentes entre ellos. Además del sector del agua, la energía y el transporte han sido identificados como otros sectores relevantes, aunque los residuos sólidos y las telecomunicaciones no deben olvidarse teniendo en cuenta sus fuertes relaciones con los otros servicios.

El objetivo del Proyecto RESCCUE es proponer un conjunto de modelos y herramientas para analizar la resiliencia urbana a partir de un enfoque multisectorial que supera las dificultades actuales relacionadas con la falta de integración de información de los diferentes servicios urbanos. Con el fin de interconectar los diversos modelos sectoriales, el proyecto aprovechará la herramienta HAZUR® existente para convertirla en la base de un software más desarrollado capaz de realizar la evaluación, planificación y gestión de la resiliencia urbana de manera integral, evaluando las interdependencias y analizando los diversos efectos en cascada, que se estudiarán adicionalmente mediante el acoplamiento de varios modelos sectoriales como el de drenaje, el de transporte, y el marino entre otros).

El software HAZUR®, desarrollado por Opticits (una PYME española que forma parte del Proyecto, liderando el WP4 de este), es una herramienta web que ofrece una evaluación del estado de los servicios urbanos y de las infraestructuras críticas bajo ciertas presiones. El módulo de evaluación de HAZUR® ya ha sido implementado con éxito en varias ciudades españolas (Trempl, Olot, Sant Cugat, Benidorm, junto con otras ciudades que siguen desarrollando el estudio). Además, el Ayuntamiento de Barcelona implementó en 2015 un prueba piloto del software HAZUR® en la zona Forum –Besòs, que ahora en el marco del Proyecto RESCCUE se está ampliando el ámbito de estudio a toda la ciudad. La herramienta proporciona un análisis del nivel de funcionamiento de los sistemas urbanos cuando un evento específico provoca un efecto sobre cualquiera de estos sistemas. La innovación de esta herramienta radica en la mejora de la resiliencia urbana mediante una operación multifuncional y la gestión de sus servicios urbanos e infraestructuras críticas. También explica las interdependencias y los efectos en cascada entre los servicios e infraestructuras urbanas, por lo que constituye el punto de partida perfecto para desarrollar un conjunto más sofisticado y completo de modelos y herramientas que permitan un mejor análisis, planificación y gestión de la resiliencia de una ciudad.

Las tres ciudades incluidas como casos de estudio del Proyecto (Barcelona, Lisboa y Bristol) implementarán esta herramienta para poder analizar la resiliencia urbana actual y futura y considerar su posible incorporación como herramienta para la gestión del día a día.

## El enfoque del RESCCUE

Como se indica en el título del propio Proyecto, RESCCUE se centra en el sector del agua. Este enfoque se ha adoptado debido a la importancia de los riesgos climáticos relacionados con el agua en el correcto funcionamiento de una ciudad y la diversidad y cantidad de datos que el sector del agua gestiona en su actividad cotidiana. Las tres ciudades piloto ya habían identificado los riesgos relacionados con el agua como cruciales en su análisis de definición de peligros en el marco del programa de las 100 Ciudades Resilientes de la Fundación Rockefeller. Por lo tanto, la resiliencia del ciclo urbano del agua se analizará minuciosamente teniendo en cuenta las interacciones entre sí y con el resto de los sectores críticos.

Las crisis del agua han sido identificadas como el primero de los diez principales riesgos mundiales en términos de impacto en 2015 por el World Economic Forum (2015). Por otra parte, es bien sabido que los sistemas de agua y energía son interdependientes, por lo que abordar las cuestiones relacionadas con el agua y la energía de manera integrada y proactiva es una de las necesidades más urgentes de los próximos años (US Energy Department, 2014).

Debido a la complejidad de las áreas urbanas, el proyecto RESCCUE va más allá de los enfoques convencionales para "construir y mejorar la resiliencia urbana" ofreciendo una metodología prospectiva, multi-escala, multisectorial y multi-riesgo. En el Proyecto, participarán actores relevantes y administradores de servicios urbanos que reconozcan la complejidad y el valor único de las ciudades y las interdependencias inherentes de cada parte de un sistema urbano.

Este paradigma es un punto fuerte del proyecto RESCCUE y de los miembros del consorcio. De hecho, todos los casos de estudio (Barcelona, Bristol y Lisboa) son miembros de la organización de "100 Ciudades Resilientes", fundada por la V Jornadas de Ingeniería del Agua. 24-26 de Octubre. A Coruña

Fundación Rockefeller, con un fuerte compromiso con la resiliencia mediante la financiación de medidas específicas, como el apoyo al papel de los Chief Resilience Officers (CRO) de las ciudades seleccionadas (máximos responsables de la gestión de la resiliencia urbana en la ciudad).

A nivel local, las medidas de resiliencia estarán contenidas en un Plan de Acción de Resiliencia ejecutado por las oficinas de resiliencia de las ciudades lideradas por un CRO. Este nuevo rol innovador, reconocido por la Fundación Rockefeller y UN-Habitat, es responsable de asegurar la resiliencia y también supervisará el desarrollo del Plan de Acción Resiliencia (RAP, de sus siglas en inglés) y formará parte de una red de aprendizaje formada por todos los CROs pertenecientes a la red de 100 Ciudades Resilientes.

Por otro lado, los RAPs serán resultados importantes del proyecto RESCCUE, ya que garantizan la reducción de pérdidas socio-económicas, así como la continuidad de los procesos urbanos y servicios de la ciudad en caso de crisis tanto actuales como futuras en un contexto de cambio climático. Al desarrollar tres RAP diferentes en las tres ciudades de validación, el consorcio obtendrá una visión clara de cómo los modelos e instrumentos innovadores pueden contribuir a una necesidad clave de cualquier otra ciudad interesada en mejorar sus niveles de resiliencia urbana.

El proyecto RESCCUE se implementará a través de un conjunto de ocho paquetes de trabajo en distintos ámbitos (WP, de sus siglas en inglés) que se describen a continuación. La Figura 2 muestra la estructura del proyecto adoptada por RESCCUE especificando las relaciones entre los WPs.



**Figura 2 |** Estructura del Proyecto RESCCUE y detalles técnicos de cada ámbito de estudio.

En el WP1, se generarán posibles escenarios climáticos futuros de temperatura, nivel del mar y precipitaciones acumuladas y extremas, estimando la probabilidad de los principales peligros considerados (como olas de calor, sequías, lluvias extremas y aumento del nivel del mar) en los tres sitios de validación e identificando las situaciones más críticas. Las proyecciones de estas variables tendrán la resolución espacial y temporal requerida por los modelos sectoriales utilizados en el WP2 para simular los efectos del cambio climático sobre los servicios urbanos estratégicos de cada ciudad.

El WP2 parte de los resultados del WP1 y se basa en una caracterización exhaustiva de los sistemas urbanos y sus relaciones con variables climáticas. Aquí, los peligros potenciales relacionados con varios servicios urbanos serán identificados

y evaluados para los escenarios actuales y futuros. Se elaborarán mapas de peligrosidad para comprender y evaluar los efectos potenciales de las presiones proyectadas sobre los servicios urbanos estratégicos y, en consecuencia, sobre la resiliencia de las ciudades. Estos análisis se llevarán a cabo utilizando una amplia gama de modelos sectoriales según lo requieran los diversos servicios urbanos considerados en cada caso.

El WP3 se centra en la vulnerabilidad y la evaluación de riesgos, por lo que se alimenta de los resultados proporcionados por el WP2. La vulnerabilidad para los escenarios actuales y futuros de cada servicio urbano será identificada y cruzada con la peligrosidad de los modelos sectoriales para obtener mapas de riesgo específicos.

Los WP2 y WP3 obtendrán resultados sectoriales en términos de peligrosidad, vulnerabilidad y riesgo a través de modelos detallados que simulen el comportamiento de servicios específicos bajo ciertas presiones en los escenarios actuales y futuros, para ser adaptados e integrados en el WP4. Este WP4 proporcionará una visión integral estimando los efectos en cascada que implican impactos colaterales en varios servicios urbanos estratégicos generados por los fallos de las infraestructuras críticas. Se definirá el marco de resiliencia y se evaluará la resistencia urbana para los escenarios actuales y futuros para cada ciudad usando la herramienta HAZUR®. Esta herramienta se centra actualmente en el diagnóstico de la crisis y, a través del proyecto RESCCUE, se actualizará para convertirse en una herramienta de planificación y gestión de crisis.

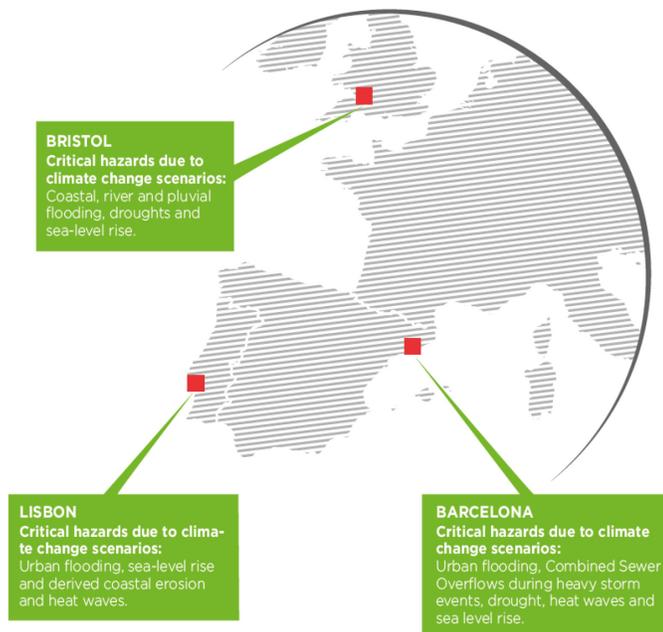
En el WP5 se definirán y promoverán estrategias de mitigación y adaptación para mejorar la resiliencia urbana y hacer frente a los efectos del cambio climático. Dichas estrategias, se definirán con un enfoque multisectorial, evitando la transferencia de riesgos y mejorando la resiliencia urbana en su conjunto. También se utilizarán metodologías para evaluar su efectividad y facilitar su selección (como los análisis de coste beneficio y los análisis multi-criterio).

El WP6 es la plataforma de validación de los modelos y herramientas desarrollados en el Proyecto, lo que permitirá implementar una hoja de ruta para la resiliencia en los tres casos de estudio considerados. Las presiones, oportunidades, contexto, prácticas existentes y el know-how de cada ciudad se tendrán en cuenta para validar los resultados obtenidos de los WP anteriores y para poder compilar las lecciones aprendidas en los trabajos realizados. En este WP6, se organizarán reuniones con los socios locales y las partes interesadas para recopilar sus opiniones y visiones en relación al Proyecto. Como se anunciaba anteriormente, los tres RAPs serán creados en este WP por las tres oficinas locales de resiliencia involucradas y bajo la supervisión de UN-Habitat, partner del proyecto, teniendo en cuenta todo el trabajo realizado previamente en el Proyecto. Para terminar, también se preparará un manual de buenas prácticas para asegurar la reproducibilidad de los resultados del RESCCUE, y para poder asegurar que los avances aquí generados se puedan implementar en muchas otras zonas urbanas de todo el mundo (hecho por el cual la presencia de UN-Habitat en el consorcio sigue siendo de crucial importancia).

## **El caso de estudio de Barcelona**

Como se ha comentado en diversas ocasiones, el Proyecto RESCCUE se construye alrededor de tres casos de estudio (Barcelona, Bristol y Lisboa) que representan diferentes desafíos en términos de resiliencia urbana. Estas ciudades han sido seleccionadas debido a su fuerte implicación con la resistencia urbana como lo demuestra su participación en el programa de las 100 Ciudades Resilientes, hecho que conlleva la creación de oficinas de resiliencia específicas lideradas por los CROs. Los tres casos de estudio ya habían identificado los riesgos relacionados con el agua como cruciales en su análisis de peligrosidad, por lo que ésta es una característica que comparten (Figura 3).

Otras razones por las cuales se han seleccionado estas ciudades fue por el conocimiento previo de I + D de los socios locales implicados, la participación de los usuarios finales y la existencia de PYMEs con alto potencial de innovación. Por otro lado, las tres ciudades cubren una gama representativa de condiciones climáticas con posibles fuertes impactos generados por el cambio climático. Para cada caso, el consorcio RESCCUE está representado por distintos socios relevantes, incluidos centros de investigación o universidades líderes, los ayuntamientos de las tres ciudades, gestores estratégicos de servicios urbanos y PYMEs relacionadas con la resiliencia urbana. Además, varias autoridades locales se añadieron a la propuesta del RESCCUE dando su apoyo como partes interesadas. Por último, UN-Habitat, miembro también del consorcio, garantizará la difusión de los resultados del proyecto mediante su posición de liderazgo en temas de resiliencia urbana a nivel internacional, así como la capacidad de contribuir a replicar los resultados del proyecto en ciudades de todo el mundo.



**Figura 3** | Casos de estudio del Proyecto RESCCUE y peligros considerados.

En cuanto al caso de estudio de Barcelona, se contempla el desarrollo y mejora en los modelos sectoriales de la ciudad bajo diferentes escenarios climáticos en los ámbitos de alcantarillado, calidad de aguas de baño, abastecimiento de agua potable, suministro energético y tráfico.

Por otro lado, en los últimos años, el Ayuntamiento de Barcelona ha estado trabajando en el desarrollo de un plan de resiliencia para la ciudad. En el año 2014, como primera etapa, se publicó el documento “Barcelona ciutat resilient al canvi climàtic” (Ventayol, 2014) en el que se recogen los diferentes impactos a los que la ciudad se enfrenta debido al cambio climático.

El mismo 2014, también se publicó el documento “Anàlisi dels plans d’adaptació al canvi climàtic” (Calvet et al., 2014). En este informe, se profundiza en los impactos, retos y posibles estrategias de adaptación al cambio climático para la ciudad de Barcelona, a través de un benchmarking de planes de adaptación de otras ciudades. Se proporcionan recomendaciones y consejos útiles, siendo ésta una base sólida para poder elaborar el plan de resiliencia de Barcelona. La alta concentración de personas, estructuras, infraestructuras, servicios y actividades que se desarrollan en las ciudades son algunos de los factores que se valoran en cuanto a la vulnerabilidad de la ciudad. La particularidad de Barcelona deriva de su localización, puesto que al ser una ciudad costera mediterránea, se ve afectada esencialmente por inundaciones, sequías y olas de calor (factores considerados en el proyecto RESCCUE). Como parte del proceso de elaboración del Plan de Resiliencia se está llevando a cabo un análisis de vulnerabilidades, con el objetivo de mejorar el conocimiento sobre cómo puede verse afectada por los posibles riesgos derivados del cambio climático. Concretamente, se está analizando el efecto de los cambios de temperatura y régimen pluviométrico proyectados según los escenarios de futuro del IPCC.

Se destacan, como elementos especialmente sensibles al cambio climático, el efecto del aumento de las temperaturas diurnas y nocturnas sobre la población más vulnerable y la salud pública, así como sobre la demanda energética para garantizar condiciones de confort térmico en viviendas y puestos de trabajo, el mayor riesgo de inundación (especialmente en el delta del Llobregat), posibles efectos sobre la actividad portuaria, las playas y las infraestructuras situadas en el litoral debidos a intensificación de temporales y por posible subida del nivel del mar aumento del estrés hídrico entre 20 y 40% a causa de una menor precipitación total y mayores temperaturas acompañado de un posible aumento de la demanda de agua. Paralelamente, se ha llevado a cabo una diagnosis del estado de la cuestión en relación a medidas de resiliencia y adaptación que se están actualmente implementado o proyectando a través de políticas urbanas y planeamiento sectorial estratégico.

Por lo tanto, en el plan de resiliencia se prevé la definición de nuevas medidas para asegurar la adaptación de las infraestructuras y servicios de la ciudad ante estos nuevos escenarios de futuro. En la adaptación al cambio climático, el desarrollo urbanístico en sinergia con los recursos naturales y la infraestructura verde, así como la información a los ciudadanos son aspectos fundamentales. Dicho plan prevé un horizonte temporal a 2050, e incorporará medidas a implementar a corto, medio y largo plazo para alcanzar los objetivos estratégicos de resiliencia y adaptación definidos. Tanto para su elaboración, como para su implementación y seguimiento, es necesaria la colaboración de técnicos, expertos, profesionales, instituciones y empresas.

Son, por tanto, claras las sinergias entre el desarrollo del plan de resiliencia por parte del Ayuntamiento de Barcelona y los objetivos del proyecto RESCCUE para el caso de estudio de la ciudad de Barcelona. La aplicación del Proyecto en la ciudad partirá del desarrollo ya realizado por el Ayuntamiento de Barcelona, y aquellos avances, metodologías y herramientas desarrolladas en el marco del Proyecto serán aplicados en el plan de resiliencia actualmente en desarrollo.

En definitiva, Barcelona se encuentra en una situación inmejorable en cuanto a la aportación de recursos para el objetivo final de ser una ciudad resiliente al cambio climático.

Ya más en detalle para el caso de estudio de Barcelona, en el marco del Proyecto RESCCUE se desarrollarán o actualizarán los siguientes modelos sectoriales para el análisis de los diferentes servicios urbanos:

- Modelo de drenaje 1D/2D para la simulación conjunta del sistema de alcantarillado y del flujo superficial en caso de fuertes eventos de lluvia
- Modelo de calidad de aguas de baño
- Modelo de recursos hídricos para la simulación de sequías en la ciudad de Barcelona
- Modelo de calidad de un tramo del río Llobregat para la simulación de la captación de la Planta de Tratamiento de Sant Joan Despí
- Modelo eléctrico
- Modelo de tráfico de superficie

Todos estos modelos sectoriales proporcionarán información detallada sobre el comportamiento de los diferentes servicios urbanos para la situación actual y diferentes escenarios futuros de cambio climático. Además, como se ha mencionado anteriormente, se desarrollarán sistemas de modelización más integrales acoplando diferentes modelos para la obtención de información valiosa para la plataforma HAZUR y la elaboración del Plan de Resiliencia de la ciudad.

En particular, el modelo de drenaje se relacionará con un modelo de daños (Velasco et al., 2016) para obtener una evaluación económica de los impactos económicos de las inundaciones urbanas en la ciudad. El mismo modelo se utilizará para simular los efectos de reventones en la red de distribución de la ciudad (Figura 4), o ser acoplado con el modelo de transporte de la ciudad para analizar los impactos de las inundaciones sobre el tráfico de vehículos en las calles de la ciudad con particular énfasis en el aumento del tiempo de viaje y los incrementos de consumo de combustible y emisiones de CO<sub>2</sub>. Finalmente, se emplearán los outputs del modelo de drenaje para analizar la contaminación producida por la descargas del sistema unitario de alcantarillado de la ciudad en los medios receptores (río Besós y mar) durante episodios de lluvia.



**Figura 4** | Consecuencia del reventón de una tubería en la ciudad de Barcelona.

Como se puede observar, los resultados de estas modelizaciones integran varios servicios urbanos a la vez y consiguen simular los efectos en cascada que representan uno de los objetivos más importantes del proyecto RESCCUE.

Además, la aplicación de la herramienta HAZUR en Barcelona, permitirá involucrar también otros sectores y hacer un análisis del conjunto de gran parte de los servicios de la ciudad a través de un tipo de análisis que si bien no tendrá el detalle de los modelos sectoriales, tendrá la ventaja de un enfoque más transversal y holístico.

## RESULTADOS

A través de un enfoque multisectorial y un nuevo paradigma promovido por las oficinas locales de resiliencia, RESCCUE quiere eliminar los obstáculos tradicionales relacionados con el análisis sectorial y establecer incentivos a la cooperación público-privada en el análisis de la resiliencia urbana. Para alcanzar este objetivo global se perseguirá un conjunto de objetivos específicos, que constituyen los principales resultados del proyecto, entre ellos destacan:

- Recopilación y análisis de las diferentes predicciones disponibles para establecer escenarios climáticos futuros adecuados a las necesidades de los usuarios.
- Mejorar la comprensión de los efectos de los factores climáticos seleccionados en el ciclo urbano del agua en cada caso de estudio e identificar las vulnerabilidades de cada servicio urbano que conducirán a aumentar la seguridad en términos económicos y sociales.
- Evaluar los impactos directos de estos factores en todos los servicios urbanos y los impactos colaterales en cascada sobre otros servicios para la situación actual y los escenarios futuros de cambio climático.
- Validar y desarrollar una herramienta específica existente (HAZUR®) para evaluar la resiliencia urbana con respecto a las diferentes presiones climáticas, en base a la interacción entre diferentes servicios urbanos.
- Explorar y evaluar los impactos económicos y sociales de múltiples estrategias de mitigación y adaptación para reducir los efectos del cambio climático en los servicios urbanos y sus impactos colaterales.
- Elaborar un Plan de Acción de Resiliencia (RAP) para cada una de las ciudades, teniendo en cuenta las necesidades de todos los socios locales y las partes interesadas de cada ciudad, bajo la dirección de las tres oficinas locales de resiliencia involucradas y UN-Habitat.

Como puede verse en la Figura 5, todos estos resultados clave del Proyecto RESCCUE se obtendrán en momentos diferentes del proyecto, variando desde el mes 24 (abril 2018) hasta el 48 (abril 2020).

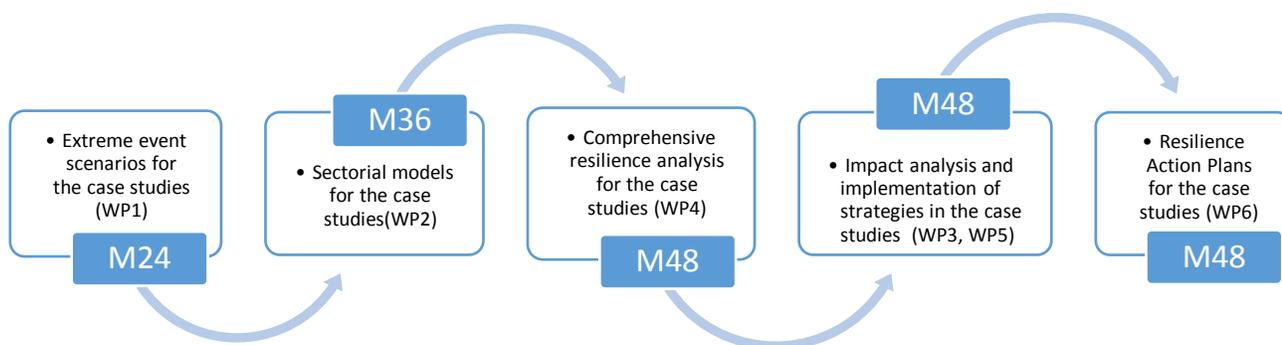


Figura 5 | Resultados clave del Proyecto con su fecha de obtención.

## CONCLUSIONES

RESCCUE tendrá un impacto significativo en el sector de la resiliencia urbana en Europa, ya que proporcionará herramientas para permitir la evaluación, planificación y gestión de la resiliencia de las ciudades e incorporará nuevos conocimientos sobre el rendimiento de los sistemas urbanos en condiciones climáticas extremas que actualmente no están integradas en las herramientas existentes.

La comprensión del complejo sistema de sistemas que supone una ciudad es un reto importante para evaluar el impacto de las medidas planificadas, tomar las decisiones e informar a las partes interesadas. Además, los impactos del cambio climático pueden causar eventos críticos a los servicios urbanos de una manera más frecuente. La mayor parte de la población mundial terminará viviendo en las ciudades, por lo que es crítico y sumamente urgente tener herramientas disponibles para evaluar, planificar y monitorear la resiliencia urbana de manera integral. Esta urgencia, justificada por los ya demostrados efectos del cambio climático, favorecerá el rápido despliegue de las herramientas de RESCCUE (que no solo se implementarán en los tres casos de estudio del Proyecto, sino que se pretende ir mucho más allá gracias al apoyo de UN-Habitat, socio del Proyecto).

Con respecto a la ciudad de Barcelona, una de las tres ciudades elegidas como casos de estudio del Proyecto RESCCUE, se pretende obtener previsiones climáticas de las variables más importantes (temperatura, precipitación, viento, nivel del mar, oleaje, etc.) con una adecuada resolución temporal y espacial para alimentar los modelos sectoriales de los diferentes servicios urbanos de la ciudad.

Estos modelos sectoriales servirán para evaluar la peligrosidad de las amenazas climáticas bajo diferentes escenarios y, junto con un análisis detallado de la vulnerabilidad de cada sector, permitirán la evaluación del riesgo potencial frente a eventos climáticos extremos para las próximas décadas.

Toda esta información alimentará también una plataforma específica para un análisis holístico de la resiliencia urbana de la ciudad y proporcionará inputs muy valiosos que, junto con las recientes experiencias del Ayuntamientos en este campo, permitirá la elaboración de un nuevo y detallado Plan de Acción de Resiliencia para la ciudad de Barcelona en 2020.

---

## AGRADECIMIENTOS

El Proyecto RESCCUE (RESilience to cope with Climate Change in Urban arEas – a multisectorial approach focusing on water) ha recibido financiación de la Comisión Europea mediante el programa Horizon 2020, el Programa Europea de Financiación para la Investigación e Innovación, con el número de contrato 700174.

---

## REFERENCIAS

- ARUP International Development and the Rockefeller Foundation. 2015. City Resilience and the City Resilience Framework
- Ayuntamiento de Barcelona y Cámara de Comercio de Barcelona. 2015 Observatorio Barcelona – Informe 2015 - [en línea: [http://www.observatoribarcelona.org/c/document\\_library/get\\_file?folderId=131959&name=DLFE-7901.pdf](http://www.observatoribarcelona.org/c/document_library/get_file?folderId=131959&name=DLFE-7901.pdf)]
- Calvet, M., Biosca, O., Ulied, A. 2014. Anàlisi dels plans d'adaptació al canvi climàtic. Avanç d'impactes, reptes i possibles estratègies d'adaptació al canvi climàtic a Barcelona. Ajuntament de Barcelona, España. [en línea: [http://www.mcrit.com/attachments/article/404/BAB\\_13560.pdf](http://www.mcrit.com/attachments/article/404/BAB_13560.pdf)].
- Fundación Rockefeller 2017. 100 Resilient Cities [en línea: <http://www.100resilientcities.org/>]
- Global Cities Institute y GDF Suez 2015. Cities and sustainable infrastructure, GCI policy snapshot No. 3
- Martin-Ortega, J. y Markandya, A. 2009. The Costs of Drought: the Exceptional 2007-2008 Case of Barcelona, BC3 Working papers, 2009-09, 35pp.
- United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division 2014. World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, Highlights (ST/ESA/SER.A/352)
- UN-Habitat 2017 Resilience, [en línea: <https://unhabitat.org/urban-themes/resilience/>]
- US Energy Department 2014 The Water-Energy nexus: challenges and opportunities.
- Velasco M., Cabello A., Russo B. (2016). *Flood damage assessment in urban areas. Application to the Raval district of Barcelona using synthetic depth damage curves*. Urban Water Journal. Vol. 13, No. 4, pp. 426-440. DOI: 10.1080/1573062X.2014.994005

Ventanyol, I. 2014. Barcelona, ciutat resilient al canvi climàtic. Ajuntament de Barcelona, España. [en línea: [http://ajuntament.barcelona.cat/ecologiaurbana/sites/default/files/BCN\\_resilient\\_def.pdf](http://ajuntament.barcelona.cat/ecologiaurbana/sites/default/files/BCN_resilient_def.pdf)].

Walloth, C., Gurr, J.M. y Schmidt, J.A. 2014. Understanding Complex Urban Systems: Multidisciplinary Approaches to Modeling. Springer International Publishing, Switzerland

Watts, D. y Ren, H. 2008. Classification and discussion on methods for cascading failure Analysis in Transmission System, Sustainable Energy Technologies, IEEE

World Economic Forum 2015. The Global Risks report 2015, Tenth Edition. [en línea: <http://www.weforum.org/reports/global-risks-report-2015>]