

R E S U M E N

ESTUDIO DE LAS INUNDACIONES OCURRIDAS EN  
EL AMBITO GEOGRAFICO DE  
LA ENTIDAD METROPOLITANA DE SERVICIOS  
HIDRAULICOS Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS  
DURANTE LAS LLUVIAS DEL  
DIA 12 DE NOVIEMBRE DE 1988

Rafael Mujeriego  
Dr. Ingeniero de Caminos

Josep María Jové  
Ingeniero de Caminos

Sergi Sugranyes  
Ingeniero de Caminos

Cátedra de Ingeniería Sanitaria y Ambiental  
Departamento de Ingeniería Hidráulica, Marítima y Ambiental  
ETS de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos  
Universidad Politécnica de Cataluña

Este estudio ha sido patrocinado por la Entidad Metropolitana  
de Servicios Hidráulicos y Tratamiento de Residuos  
a través de un Convenio de Investigación con la  
Universidad Politécnica de Cataluña

Barcelona, mayo de 1989

## R E S U M E N

ESTUDIO DE LAS INUNDACIONES OCURRIDAS EN  
EL AMBITO GEOGRAFICO DE  
LA ENTIDAD METROPOLITANA DE SERVICIOS  
HIDRAULICOS Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS  
DURANTE LAS LLUVIAS DEL  
DIA 12 DE NOVIEMBRE DE 1988

Rafael Mujeriego  
Dr. Ingeniero de Caminos

Josep María Jové  
Ingeniero de Caminos

Sergi Sugranyes  
Ingeniero de Caminos

Cátedra de Ingeniería Sanitaria y Ambiental  
Departamento de Ingeniería Hidráulica, Marítima y Ambiental  
ETS de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos  
Universidad Politécnica de Cataluña

Este estudio ha sido patrocinado por la Entidad Metropolitana  
de Servicios Hidráulicos y Tratamiento de Residuos  
a través de un Convenio de Investigación con la  
Universidad Politécnica de Cataluña

Barcelona, mayo de 1989

## RESUMEN

El régimen de lluvias característico de las zonas costeras de Cataluña da lugar periódicamente a episodios de lluvia de considerable intensidad durante el otoño, que provocan el desbordamiento de sus rieras y la inundación de las zonas colindantes.

Las precipitaciones registradas en el Area Metropolitana de Barcelona durante el día 12 de noviembre de 1988 provocaron el desbordamiento de numerosas rieras y redes de drenaje urbano, propiciando la inundación de un gran número de zonas urbanas y agrícolas del Area Metropolitana de Barcelona, y ocasionando numerosas pérdidas humanas y cuantiosos daños materiales.

Este nuevo episodio de intensas precipitaciones vino a sumarse a los otros dos muy similares registrados en noviembre de 1983 y octubre de 1987, y al registrado en noviembre de 1982, constituyendo así el cuarto episodio de inundaciones registrado en el Area Metropolitana de Barcelona durante los 6 años transcurridos desde la última avenida del río Llobregat en noviembre de 1982.

El mantenimiento inadecuado de la red pluviométrica existente en el Area Metropolitana de Barcelona hizo que sólo pudiera obtenerse información de este episodio de intensas lluvias en 4 de los 48 pluviómetros instalados. En general, el mal estado de conservación de las baterías instaladas como fuente alternativa de energía impidió que los pluviómetros funcionaran durante el prolongado corte de corriente eléctrica que se registró durante el día 12 de noviembre de 1988. Este resultado no es mucho más favorable que el obtenido en octubre de 1987, cuando sólo pudo obtenerse información de 2 pluviómetros.

Las causas inmediatas de las inundaciones registradas en noviembre de 1988 han sido prácticamente las mismas que las observadas en noviembre de 1983 y octubre de 1987, y están asociadas fundamentalmente al estado de abandono y deterioro en que se encuentran los sistemas de desagüe del Area Metropolitana de Barcelona. Esta situación había quedado ya claramente en evidencia cuando en noviembre de 1982 la avenida del río Llobregat inundó diversas zonas del Area Metropolitana.

La insuficiente capacidad hidráulica de las rieras, la acumulación de residuos y basuras de todo tipo en sus cauces, las dificultades físicas para que los caudales recogidos por las rieras puedan desaguar en el mar, la utilización del cauce de las rieras como vía urbana, camino rural o incluso zona edificable, la insuficiente capacidad o fiabilidad del sistema de alcantarillado, y la frecuente obstrucción de las rejillas de desagüe de las redes de alcantarillado han contribuido a que las zonas urbanas y agrícolas del Area Metropolitana de Barcelona sufran, por cuarta vez en 6 años, las consecuencias catastróficas de las inundaciones.

Las remodelaciones efectuadas en las redes de alcantarillado de diversas zonas del Area Metropolitana de Barcelona, junto con las tareas de limpieza de cauces de rieras realizadas durante el verano de 1988, han contribuido eficazmente a que las inundaciones registradas en noviembre de 1988 no alcanzaran la gravedad de las observadas en octubre de 1987, y menos aún la de las registradas en noviembre de 1983. La terminación de las obras de remodelación de la red de alcantarillado del núcleo urbano de El Prat de Llobregat constituye una de las mejores ilustraciones del enorme éxito alcanzado en la prevención de las inundaciones que tradicionalmente venían registrándose en esta zona.

Las medidas correctoras propuestas para evitar las consecuencias catastróficas que un nuevo episodio de intensas lluvias puede ocasionar se han agrupado en dos grandes categorías: de una parte, las obras de restitución y mejora de los cauces de las rieras, de las estructuras de cruce con vías de comunicación, y de los dispositivos de desagüe, y de otra parte, un programa de limpieza y mantenimiento del cauce de las rieras que las mantenga libres de escombros, basura y vegetación.

Existe una evidente desproporción entre el presupuesto de algunos de los proyectos de canalización elaborados por la EMSHTR y la escasa elaboración de los datos experimentales utilizados para determinar la lluvia de diseño adoptada en cada caso. Aunque los datos hidrológicos disponibles son escasos y de fiabilidad limitada, los métodos de cálculo utilizados y, en especial, su aplicación práctica pueden ser notablemente mejorados. Por otra parte, la información hidrológica disponible permite afirmar que las lluvias registradas en noviembre de 1988, octubre de 1987, noviembre de 1983 y noviembre de 1982 tuvieron un carácter excepcional y por tanto cabe lógicamente admitir que pudieran llegar a producir inundaciones.

## OBJETIVOS

El objetivo general de este estudio es evaluar las causas inmediatas de las inundaciones producidas en el Area Metropolitana de Barcelona por las intensas lluvias registradas el día 12 de noviembre de 1988.

Entre los objetivos específicos de este estudio cabe señalar:

1. Estudiar las condiciones meteorológicas que produjeron las intensas lluvias registradas el día 12 de noviembre de 1988 en Cataluña.
2. Establecer los criterios básicos necesarios para definir e implantar una red pluviométrica automática que garantice la medida y registro de las características principales de las precipitaciones de próximos episodios de lluvia.
3. Identificar las zonas del Area Metropolitana de Barcelona en que se produjeron las inundaciones.
4. Recopilar la información disponible sobre la localización de las zonas inundadas, el origen de las aguas responsables de las inundaciones, y las causas que las motivaron, y elaborar un reportaje fotográfico adecuado de las zonas afectadas.
5. Incorporar toda la información así obtenida dentro del sistema de registro de datos elaborado con ocasión de las inundaciones ocurridas en noviembre de 1983 y en octubre de 1987, a fin de facilitar el archivo y consulta de toda la información recopilada durante estos tres estudios.
6. Analizar las causas y circunstancias en que se produjeron las inundaciones, a partir de las observaciones de campo efectuadas y de las conversaciones mantenidas con los vecinos de la zona.
7. Comparar los efectos producidos por las inundaciones de noviembre de 1983, las de octubre de 1987 y las de noviembre de 1988, evaluando los beneficios obtenidos con las reformas llevadas a cabo desde el episodio de lluvias de noviembre de 1983, así como las mejoras conseguidas con el programa de limpieza de rieras realizado durante el verano de 1988.
8. Evaluar el grado de protección frente a las inundaciones que diversos proyectos de canalización elaborados por la Entidad Metropolitana de Servicios Hidráulicos y Tratamiento de Residuos ofrecen ante la eventual repetición de unas lluvias como las

registradas en esas 4 ocasiones durante los últimos 6 años.

9. Elaborar un programa de medidas correctoras que, teniendo en cuenta el programa recomendado con ocasión de las inundaciones de los episodios anteriores y las operaciones de limpieza de rieras realizadas durante los meses de verano de 1988, permita evitar la repetición futura de situaciones similares a las registradas en 1983, 1987 y 1988.
10. Realizar una valoración económica preliminar de las medidas correctoras propuestas, especialmente de los costes de ejecución de las obras hidráulicas destinadas a desaguar los caudales de escorrentía, y de los costes anuales de mantenimiento de los dispositivos de desagüe de esas mismas aguas.

## CONCLUSIONES

De los datos e información recopilados durante este estudio es posible formular las siguientes conclusiones:

1. El episodio de intensas lluvias ocurridas en el Area Metropolitana de Barcelona el día 12 de noviembre de 1988 es típico del régimen pluviométrico característico de las zonas costeras mediterráneas, y de Cataluña en particular, durante el período otoñal. Las consecuencias inmediatas de estos episodios son el desbordamiento de numerosas rieras del Area Metropolitana y la inundación de las zonas urbanas y agrícolas colindantes, lo que provoca numerosas pérdidas humanas y cuantiosos daños materiales.
2. La circunstancia de que este episodio de intensas lluvias haya sido el cuarto de los ocurridos en Cataluña desde que en noviembre de 1982 se registrara la última avenida del río Llobregat ha contribuido a realzar el interés sobre este tipo de fenómenos y las consecuencias catastróficas que de ellos suelen derivarse.
3. El mantenimiento inadecuado de la red pluviométrica existente en el Area Metropolitana de Barcelona hizo que sólo pudiera obtenerse información de este episodio de intensas lluvias de 4 de los 48 pluviómetros instalados. En general, el mal estado de conservación de las baterías instaladas como fuente alternativa de energía impidió que los pluviómetros funcionaran durante el prolongado corte de corriente eléctrica que se registró durante el día 12 de noviembre de 1988. Este resultado no es mucho más favorable que el obtenido en octubre de 1987, cuando sólo pudo obtenerse información de 2 pluviómetros.
4. Mientras no se disponga de información histórica fiable de estos episodios de intensas lluvias no será posible establecer criterios adecuados para el encauzamiento de las rieras o la remodelación de las redes de alcantarillado del Area Metropolitana de Barcelona. La red pluviométrica propuesta en este estudio, integrado por 20 pluviómetros automáticos y con un coste aproximado de 4 millones de pesetas, mantenida adecuadamente mediante un presupuesto aproximado de 3 millones de pesetas anuales, permitiría obtener series históricas de enorme utilidad práctica para caracterizar el régimen pluviométrico del Area Metropolitana de Barcelona.
5. Las causas inmediatas de las inundaciones registradas en noviembre de 1988 fueron prácticamente las mismas que las

que provocaron las inundaciones en octubre de 1987 y noviembre de 1983, y están directamente relacionadas con el estado de abandono y deterioro en que los sistemas de desagüe del Area Metropolitana han permanecido durante los últimos 6 años.

6. La insuficiente capacidad hidráulica de las rieras, la acumulación de residuos y basuras de todo tipo en el cauce de las rieras, las dificultades físicas para que los caudales recogidos por las rieras puedan desaguar en el mar, la utilización del cauce de las rieras como vía urbana, camino rural o incluso zona edificable, la insuficiente capacidad o fiabilidad del sistema de alcantarillado, y la frecuente obstrucción de las rejillas de desagüe de las redes de alcantarillado han contribuido a que las zonas urbanas y agrícolas del Area Metropolitana de Barcelona sufran, por tercera vez en 6 años, las consecuencias catastróficas de las inundaciones.
7. Las remodelaciones efectuadas en diversos puntos del sistema de desagüe del Area Metropolitana de Barcelona, junto con los trabajos de limpieza de cauces de rieras efectuados durante el verano de 1988, han contribuido de manera eficaz a evitar que se vuelvan a producir algunas de las inundaciones ocurridas durante los episodios de intensas lluvias de octubre de 1987 y noviembre de 1983. Las obras de remodelación de la red de alcantarillado de El Prat de Llobregat constituyen uno de los ejemplos más ilustrativos del enorme éxito alcanzado en la prevención de las inundaciones que tradicionalmente se registraban en este municipio del Area Metropolitana de Barcelona.
8. La prevención de los efectos catastróficos que produciría un nuevo episodio de lluvia similar al de noviembre de 1988, octubre de 1987 o noviembre de 1983, requiere la implantación de un programa de medidas correctoras como el propuesto en este estudio. Las medidas correctoras propuestas pueden agruparse en dos grandes categorías: de una parte, las obras de restitución y mejora de los cauces de las rieras, de las estructuras de cruce con vías de comunicación, y de los dispositivos de desagüe, y de otra parte, un programa de limpieza y mantenimiento del cauce de las rieras que las mantenga libres de escombros, basura y vegetación.
9. Aunque este segundo tipo de actuación es el que tiene una relación beneficio/coste más favorable de los dos propuestos, no será suficiente para reducir de forma sustancial y permanente el riesgo real de inundación que actualmente pesa sobre numerosas zonas del Area Metropolitana de Barcelona. Por otra parte, todas estas actuaciones deberían encuadrarse en un nuevo estilo de gestión de los sistemas de drenaje, basado en un mayor respeto a los principios de



hidrología urbana y rural, y en una eliminación eficaz de los vertidos de basuras y escombros en los cauces de las rieras.

10. Existe una evidente desproporción entre el presupuesto de algunos de los proyectos de canalización elaborados por la EMSHTR y la escasa elaboración de los datos experimentales utilizados para determinar la lluvia de diseño adoptada en cada caso. Aunque los datos hidrológicos disponibles son escasos y de fiabilidad limitada, los métodos de cálculo utilizados, y en especial su aplicación práctica, suelen ser inapropiados.
11. La información hidrológica disponible permite afirmar que las lluvias registradas en noviembre de 1988, octubre de 1987, noviembre de 1983 y noviembre de 1982 tuvieron un carácter excepcional y por tanto cabe lógicamente admitir que pudieran llegar a producir inundaciones. Por otra parte, esta misma información histórica permite estimar unos períodos de retorno para las lluvias consideradas en diversos de los proyectos elaborados por la EMSHTR que son de 5 a 10 veces superiores a los períodos de retorno indicados en dichos proyectos. Aunque esto puede representar una mayor protección frente al riesgo de inundación, significa también una inversión superior a la que correspondería a los objetivos deseados.
12. En contraste con la subida generalizada del nivel freático que se registró en las zonas bajas del delta del Llobregat durante la lluvia de octubre de 1987, las lluvias de noviembre de 1988 no produjeron un aumento apreciable del mismo. No obstante, existe el peligro potencial de que en futuros episodios de intensas lluvias pueda reproducirse el ascenso del nivel freático que se observó los meses siguientes a las lluvias de octubre de 1987, con lo que ello significaría de perjuicios a las explotaciones agrícolas y edificios urbanos, y de peligro sanitario para las zonas urbanas y turísticas de la franja costera del delta del Llobregat.

## RECOMENDACIONES

Los resultados y conclusiones obtenidos de este estudio permiten formular las siguientes recomendaciones:

1. La implantación de un programa de medidas correctoras como el propuesto en este estudio permitiría evitar que vuelvan a producirse numerosas pérdidas humanas y cuantiosos daños materiales durante un próximo episodio de intensas lluvias como los registrados en noviembre de 1988, octubre de 1987 o noviembre de 1983.

El programa de medidas correctoras propuesto tiene un presupuesto de 2 216 millones de pesetas. De esa cantidad total, 2 190 millones de pesetas corresponden a 71 actuaciones de mejora o remodelación de diversos sistemas de drenaje, mientras que los 26 millones restantes corresponden a 35 programas de limpieza, mantenimiento y conservación de 35 cauces. Hay que resaltar no obstante que el elevado presupuesto inicial de algunas actuaciones exige la realización de un estudio de alternativas que permita definir la solución más adecuada desde el punto de vista técnico y económico.

2. La creación de una red pluviométrica en el Area Metropolitana de Barcelona como la propuesta en este estudio permitiría obtener información histórica de enorme interés práctico sobre este tipo de episodios de intensas lluvias. Estas series pluviométricas permitirían el diseño y remodelación de los sistemas de drenaje del Area Metropolitana con soluciones técnicas más adecuadas y mucho más fiables ante futuros episodios de intensas lluvias.

Una red pluviométrica integrada por 20 pluviómetros automáticos, valorados en 4 millones de pesetas aproximadamente, mantenida sistemáticamente, con un coste aproximado de 3 millones de pesetas anuales, permitiría satisfacer las exigencias establecidas en este estudio.

3. El diseño y remodelación de los sistemas de drenaje del Area Metropolitana de Barcelona debería tener en cuenta la información pluviométrica histórica disponible actualmente sobre esta zona. La utilización de estos datos pluviométricos, junto con la aplicación de modelos numéricos de escorrentía, debidamente calibrados, constituye uno de los métodos más adecuados para dimensionar los sistemas de drenaje, bien sea alcantarillados o rieras.

La experiencia llevada a cabo en El Prat de Llobregat pone claramente de manifiesto que con un estudio de este tipo,

valorado en un 0,3% del presupuesto inicial de remodelación de 1 250 millones de pesetas, se ha podido llevar a cabo la remodelación efectiva de la red de saneamiento del núcleo urbano con un presupuesto real próximo al 50% del inicialmente establecido. Estos valores, junto con la ausencia de inundaciones observada durante las lluvias de noviembre de 1988, ilustran claramente la rentabilidad económica y la fiabilidad técnica de la metodología adoptada.