

## ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS .....	13
2	INTRODUCCIÓN AL PROBLEMA Y DISEÑO DEL DRENAJE URBANO EN LA INGENIERÍA ACTUAL .....	15
2.1	Principales características del drenaje urbano .....	15
2.2	Nivel de seguridad en el drenaje urbano. Situación actual .....	16
3	MODELO PARA EL CÁLCULO DE LA PROBABILIDAD DE INUNDACIÓN EN CUENCA URBANA.....	23
3.1	Descripción del modelo.....	23
3.2	Cálculo del riesgo y elección del diseño óptimo .....	28
3.3	Análisis de Monte Carlo .....	29
3.4	Aplicación del método de Monte Carlo en el estudio de vulnerabilidad de una red de drenaje.....	32
4	MODELO DE SIMULACIÓN SWMM .....	37
4.1	Introducción .....	37
4.2	Módulo RUNOFF .....	38
4.3	Módulo EXTRAN.....	41
5	DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA DE LA RIERA ROJA EN SANT BOI DE LLOBREGAT .....	47
5.1	Descripción geomorfológica.....	47
5.2	Descripción de la red de drenaje .....	49
5.3	Diagnóstico de la red de drenaje .....	50
5.4	Propuesta de rehabilitación de la red de drenaje .....	53
5.4.1	Actuaciones propuestas para la rehabilitación.....	55
5.4.2	Diagnóstico de la red rehabilitada.....	58
6	ANÁLISIS DE LA PELIGROSIDAD. CASO PRÁCTICO: RIERA ROJA.....	59
6.1	Introducción .....	59
6.2	Serie pluviométrica del Observatorio Fabra.....	59
6.2.1	Definición de suceso de lluvia .....	63
6.2.2	Independencia de los sucesos.....	66
6.2.3	Registro definitivo de sucesos de lluvia .....	67
6.3	Descripción del programa BGPE .....	68
6.4	Cálculo de la peligrosidad mediante el programa BGPE.....	71
6.4.1	Aplicación de escala logarítmica.....	71
6.4.2	Estimación del umbral inferior.....	73

6.4.3	Información a priori .....	75
6.4.4	Obtención de resultados .....	78
6.5	Resultados .....	79
7	ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD. CASO PRÁCTICO: RIERA ROJA .....	83
7.1	Introducción .....	83
7.2	Generación de un suceso de lluvia .....	84
7.2.1	Duración del suceso de lluvia .....	85
7.2.1.1	Distribución del percentil90 .....	88
7.2.1.2	Distribución del percentil10 .....	89
7.2.2	Distribución temporal del suceso de lluvia .....	92
7.3	Parámetros y variables del modelo SWMM .....	95
7.4	Desarrollo de herramientas informáticas .....	96
7.4.1	Programa de generación de archivos de entrada en FORTRAN .....	96
7.4.2	Modelo SWMM.....	97
7.5	Número de simulaciones .....	97
7.6	Cálculo y resultados de la vulnerabilidad.....	99
8	RESULTADOS. CASO PRÁCTICO: RIERA ROJA .....	103
9	CONCLUSIONES .....	107
10	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	111
10.1	Bibliografía adicional consultada.....	113
11	ANEJOS .....	115
11.1	Lluvia de proyecto de período de retorno 10 años (CLABSA).....	115
11.2	Curvas IDF Barcelona – Fabra (serie 1927 – 1993) .....	116
11.3	Características de cuencas y conductos en la modelización de la cuenca de la riera roja en la situación inicial .....	117
11.4	Características de los conductos en la propuesta de rehabilitación de la red de drenaje en la riera roja .....	122
11.5	Programa FORTRAN de generación de archivos de entrada de SWMM.....	124

## Índice de figuras

Figura 1.	Análisis coste-beneficio para el diseño de una red de drenaje, en función del periodo de retorno asociado a una lluvia o caudal.....	18
Figura 2.	Esquema de excesos sobre un umbral, para la descripción de la distribución de la magnitud de los sucesos de precipitación mediante la GPD. ....	25
Figura 3.	Esquema del cálculo de la vulnerabilidad mediante simulación de Monte Carlo. ....	34
Figura 4.	Esquema de cálculo del módulo RUNOFF de SWMM .....	38
Figura 5.	Representación conceptual del modelo EXTRAN de SWMM.....	43
Figura 6.	Fotografía aérea y callejero de Sant Boi (cuenca de la Riera Roja).....	48
Figura 7.	Perfil longitudinal de los principales ejes de la red de drenaje de la Riera Roja.....	50
Figura 8.	Representación de la subcuencas en que se divide la Riera Roja .....	52
Figura 9.	Representación de los nodos y conductos de la red de drenaje de la Riera Roja, antes de la propuesta de rehabilitación .....	53
Figura 10.	Esquema de la red de drenaje de Sant Boi. Cinco depósitos de retención .....	57
Figura 11.	Comparación de hietogramas doblemente adimensionalizados para 5 sucesos de precipitación con diferentes definiciones de separación máxima entre vuelcos de cazoleta.....	64
Figura 12.	Registro de sucesos de lluvia (independientes), a partir de la serie del Observatorio Fabra. ....	67
Figura 13.	Funciones de densidad de probabilidad de la GPD.....	71
Figura 14.	Análisis de excesos por encima de un umbral.....	74
Figura 15.	Test de bondad de ajuste Kolmogorov – Smirnof.....	74
Figura 16.	Test de bondad de ajuste multinomial $\chi^2$ .....	75
Figura 17.	Densidad de probabilidad conjunta a priori de los parámetros de la GPD. ....	77
Figura 18.	Densidad de probabilidad conjunta a posteriori de los parámetros de la GPD. ....	78
Figura 19.	Simulación de la densidad de probabilidad conjunta a posteriori. ....	79
Figura 20.	Probabilidades del periodo de retorno asociado a cada valor de precipitación obtenido del análisis BGPE. ....	80
Figura 21.	Análisis frecuencial de tipologías de precipitación realizado por J. Brummer con la pluviometría de Munich, de cara a un estudio de tipo estocástico .....	84
Figura 22.	Esquema de la generación de sucesos de lluvia.....	85
Figura 23.	Tendencia de los percentiles de duración a medida que crece el volumen de precipitación.....	87

Figura 24. Distribución exponencial para el percentil 90.....	89
Figura 25. Distribución de probabilidad acumulada para duraciones muy cortas obtenida a partir de las curvas IDF del Observatorio Fabra, para el rango de volumen de precipitación [2.00;2.10] .....	90
Figura 26. Función de distribución acumulada de la duración para el rango de duraciones más cortas para los rangos de volumen de precipitación mayores a 1.8 mm (escala logarítmica).....	92
Figura 27. Hietogramas adimensionalizados para el rango 1.5-1.6 mm (escala logarítmica) y duraciones mayores a 6 horas. ....	93
Figura 28. Hietogramas adimensionalizados para el rango 1.5-1.6 mm (escala logarítmica) y duraciones menores a 6 horas. ....	94
Figura 29. Resultados del cálculo de la vulnerabilidad (aproximación mediante splines).....	101
Figura 30. Hietograma de la lluvia de proyecto de período de retorno 10 años (CLABSA). ....	115
Figura 31. Curvas IDF obtenidas a partir de la serie (1927 – 1993) del observatorio Fabra en Barcelona .....	116
Figura 32. Curvas IDF en 3D obtenidas a partir de la serie (1927 – 1993) del observatorio Fabra en Barcelona.....	116

## **Índice de tablas**

Tabla 1.	Resumen de la norma EN-752.....	20
Tabla 2.	Resumen de los registros de precipitaciones en función de diferentes criterios de definición de suceso de lluvia a partir de la serie del Observatorio Fabra .....	65
Tabla 3.	Resumen del número de eventos registrados para el análisis de peligrosidad y vulnerabilidad.....	66
Tabla 4.	Transformación de la variable volumen de precipitación en escala logarítmica .....	72
Tabla 5.	Distribución de los percentiles de duración de los eventos registrados para cada uno de los rangos de volumen de precipitación.....	86
Tabla 6.	Parámetro de la distribución exponencial según los rangos simulados.....	88
Tabla 7.	Percentil 10 y parámetro de la distribución acumulada para los distintos rangos de volumen de precipitación. ....	91
Tabla 8.	Tiempo de computación para el cálculo de la vulnerabilidad mediante simulación de Monte Carlo .....	99
Tabla 9.	Resumen de resultados del cálculo de la vulnerabilidad .....	100
Tabla 10.	Periodos de retorno (y parámetros de Poisson) asociados a la ocurrencia de vertidos en superficie según rangos de caudales vertidos .....	105
Tabla 11.	Probabilidad de ocurrencia de alguno de los distintos desenlaces a lo largo de la vida útil de la red de drenaje .....	106
Tabla 12.	Lluvia de proyecto de periodo de retorno 10 años (CLABSA) .....	115
Tabla 13.	Características de las subcuencas de la Riera Roja en la situación inicial....	119
Tabla 14.	Características de los conductos en la situación inicial .....	121
Tabla 15.	Características de los conductos en la propuesta de rehabilitación .....	123