

---

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CATALUÑA**



**E. T. S. E. C. C. P**  
**Departamento de Ingeniería del Terreno,  
Cartográfica y Geofísica**

**EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO  
EN ZONAS URBANAS**

**Autor**

**Ulises Mena Hernández**

**Directores**

**Prof. Josep A. Canas Torres y Prof. Lluís G. Pujades Beneit**

**Memoria de la Tesis de Doctorado en  
Ingeniería Sísmica y Dinámica Estructural**

**Barcelona, Julio de 2002**



---

## DIRECTORES DE LA TESIS

**Prof. Josep A. Canas Torres**  
Universidad Politécnica de Cataluña  
Instituto Geográfico Nacional

**Prof. Lluís G. Pujades Beneit**  
Universidad Politécnica de Cataluña

## TRIBUNAL DE LA TESIS

---

Presidente

---

Secretario

---

Vocal

---

Vocal

---

Vocal



---

## AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo ha sido posible gracias a la beca otorgada por el proyecto Europeo SERGISAI (**SE**ismic **R**isk evaluation through integrated use of **G**eographical **I**nformation **S**ystems and **A**rtificial **I**ntelligence techniques), para la realización de estudios de master y doctorado en la Universidad Politécnica de Cataluña, así como, a la financiación recibida del Servei Geològic de la Generalitat de Catalunya.

Quiero dar mi más sincero agradecimiento a los Profesores Josep A. Canas y Lluís G. Pujades, el apoyo y la confianza que me dieron durante toda mi estancia en la UPC, sin la cual no hubiera sido posible la realización de este trabajo.

Agradezco al Instituto Cartográfico de Cataluña el apoyo y facilidades prestadas para el manejo de ARCINFO, en especial al Sr. Antonio Roca y Jordi Marturia, así como a la Universidad Politécnica de Valencia, en donde tuve mi primer contacto con los Sistemas de Información Geográfica, gracias al apoyo del Sr. Francisco García.

Agradezco a los Sres. Carlos Amieiro y Javier Cid del Servicio de Protección Civil del Ayuntamiento de Barcelona su colaboración en todo momento, principalmente al proporcionar la mayor parte de la información para la realización de este trabajo.

Agradezco a todo el personal del Departamento de Ingeniería del Terreno y Cartografía de la UPC, por las facilidades prestadas para la realización de este trabajo, especialmente a José A. Tebar y Albert Marques por su apoyo con cualquier problema informático.

Quiero dar un especial agradecimiento a mis amigos con los que compartí mis primeras aventuras en el viejo mundo, Fortunato Espinoza y Esperanza Maldonado, y a los que me permitieron formar parte de sus primeras aventuras Tulio de la Cruz y Víctor Zárate. Además a todos aquellos que han hecho que mi estancia fuera muy agradable entre los que se encuentran: Héctor S., Abelardo C., Enrique V., Vega P., Jordi R., Rosangel M., Jesús B., Daniel B., Alberto T., Mauricio B., Jorge A., Jorge C., Alfred M., Jesús A. y a mis amigos de toda la vida que forman una lista interminable de los cuales nombraré a José M<sup>a</sup> C., Emilio S., Lino M., Rubén C., Florencio P., Francisco B., Fernando T., Alfredo C., Valentín L., Raúl A., etc.

Quiero agradecer muy especialmente al Prof. Gustavo Ayala por todo el apoyo que me ha brindado desde que tuve la suerte de conocerlo.



---

## **DEDICATORIAS**

A mi familia que siempre está conmigo

***PEDRO Y BEATRIZ***

***YURIRIA  
ERENDIRA  
ESPERANZA  
ISIS***

---

Y especialmente a las dos mujeres

*Mi esposa Pilar*

y

*Mi hija Layra*

que hacen que mi vida tenga sentido



---

## RESUMEN

Las grandes ciudades modernas situadas en áreas de peligrosidad sísmica moderada o baja tienden a minusvalorar el peligro sísmico y a descuidar precauciones básicas de protección frente a los terremotos. Ello conlleva un aumento de su vulnerabilidad y, en consecuencia, suelen presentar un elevado riesgo sísmico que, a su vez, aumenta con el tiempo. Este trabajo probablemente está entre los primeros que obtienen escenarios de daño sísmico de una gran ciudad de las características de Barcelona, mediante una aproximación que permite y efectúa un análisis edificio a edificio. Para ello se ha diseñado una herramienta informática sobre plataforma estación de trabajo SUN y sistema de información geográfica ARCINFO que permite la incorporación y gestión de la información necesaria para la generación de escenarios de daño, podríamos decir, “*a la carta*”. El sistema incorpora, entre otros, los mapas de peligrosidad sísmica básica, los mapas geológico y geotécnico, la zonificación de la ciudad y la altimetría. Toda esta información se usa posteriormente para individualizar la vulnerabilidad y daño esperado para un edificio en concreto bajo diferentes hipótesis de acción sísmica básica. Por otra parte, se ha recopilado, e incorporado a la herramienta, información individualizada de todas y cada una de las más de 80.000 parcelas que configuran la geometría catastral del suelo de la ciudad. Para cada una de ellas ha sido posible estimar su estado de edificación y, en su caso, las principales características estructurales y edad de los edificios. Todo este trabajo previo ha ido orientado hacia la aplicación del método del índice de vulnerabilidad para estimar escenarios para la ciudad, pero, la potencia de la herramienta creada trasciende los objetivos y aplicaciones del presente estudio permitiendo su ampliación o adaptación a otros problemas de análisis urbano.

Se han usado funciones de vulnerabilidad, construidas y calibradas específicamente para la ciudad de Barcelona, para evaluar escenarios sísmicos de daño de las viviendas de la ciudad, obteniéndose efectivamente que sus edificios, mayoritariamente de mampostería no reforzada y de hormigón armado con forjados reticulares, presentan una elevada vulnerabilidad y un daño alto para niveles de intensidad relativamente bajos. Para la presentación e interpretación de los escenarios se ha elegido la división política y administrativa adoptada por el Sistema de Información Territorial del Ayuntamiento de Barcelona (SITEB) permitiendo los análisis a los niveles de distrito y de barrio. El distrito con un mayor daño esperado es el de Ciutat Vella, y el más seguro, desde el punto de vista sísmico, es el de Les Corts. La comparación de nuestros resultados con los obtenidos en estudios preliminares o utilizando métodos aproximados tradicionales basados en las escalas MSK y EMS-92 lleva a resultados razonablemente consistentes, aunque los escenarios predichos en nuestro estudio para una intensidad VI son cercanos a los que predicen estos estudios para una intensidad VII. Los escenarios obtenidos para intensidades VII, VIII y superiores delatan las consecuencias de la despreocupación y descuido sismorresistente de la ciudad, haciendo prever niveles de daño preocupantes a partir de intensidades VII.

El sistema SIG creado ha demostrado también ser una excelente herramienta para la generación, gestión, representación y análisis de escenarios de daño bajo diferentes hipótesis, siendo extremadamente útil y versátil, permitiendo de forma natural la incorporación de capas de información así como el ensayo de diferentes funciones de vulnerabilidad o fragilidad. Los resultados de la tesis son de aplicación inmediata a la protección civil y a la planificación y gestión de planes de emergencia sísmica.

---

---

## SUMMARY

Modern large cities located in low to moderate seismic hazard areas usually tend to ignore their seismic hazard, neglecting precautionary measures against earthquakes. This fact increases their vulnerability and, therefore, their seismic risk, which increases more, and more. This work probably is between the first obtaining seismic damage scenarios for a large city with the characteristics of Barcelona, by using an approach that permits and carries out a building by building analysis. To achieve that, a computer tool has been designed on a SUN work station platform and Arc-Info GIS. This tool integrates and manages the data needed, permitting to generate damage scenarios, we could say, “à la carte”. This system puts together, between others, the basic seismic hazard map, the geological and geotechnical maps, the seismic zonation of the city and the altimetry. We then use all this information to personalize the vulnerability and damage for each individual building under different assumptions about the basic seismic action. On the other hand, we have been able to collect also detailed information about all and each one of the more than 80.000 plots making up the cadastral geometry of the city soils. In addition, for each of them, we have determined its construction state and, when it is the case, the main structural features and age of the building. This previous work goes towards the application of the vulnerability index method to obtain damage scenarios, but the potential of this tool goes beyond the purposes and applications of this study, permitting its expansion or adaptation to other urban analysis problems.

We have used vulnerability-damage functions, developed for the specific case of Barcelona, to evaluate seismic damage scenarios for the city housings and, in fact, we get that their buildings, mainly un-reinforced masonry and reinforced concrete buildings, show a high vulnerability and damage for the case of relatively low intensities. We used The “Territorial Information System of the city Council” (SITEB) as the basis for presenting and interpreting the obtained scenarios. We performed the analyses at district and quarter levels. We found that the *Ciutat Vella* district shows the biggest damage while the *Les Corts* district shows the slightest one. The comparison of our results with those obtained in preliminary studies or in other works performed by using rough methods based on the MSK and EMS-92 seismic intensity scales, shows a reasonably good agreement, but the scenarios here obtained for a VI MSK intensity, are close to the ones obtained in these studies for an intensity of VII. The VII, VIII and higher degree scenarios reveal the consequences of the carelessness and of the lack of concern for earthquake resistant precautionary measures, being likely worrying damage scenarios for intensities from VII.

The GIS system developed is also an excellent tool for generating, managing, representing and analyzing damage scenarios under different assumptions, being extremely useful and versatile, and permitting, in a natural way, to incorporate additional information layers as well as testing other vulnerability or fragility functions. The results here obtained are immediately applicable to civil protection and to the design and management of emergency plans.



---

# ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS.....	xviii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xxiv
<b>CAPÍTULO I .....</b>	<b>1</b>
1 INTRODUCCIÓN .....	2
1.1 Generalidades .....	2
1.2 Objetivo del trabajo .....	5
1.3 Contenido del trabajo.....	5
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>7</b>
2 ASPECTOS GENERALES DEL RIESGO SÍSMICO .....	8
2.1 Introducción.....	8
2.2 Peligrosidad sísmica .....	9
2.2.1 Sismicidad .....	10
2.2.2 Sismicidad Global .....	12
2.2.3 Sismicidad en España.....	13
2.2.4 Sismicidad en Cataluña .....	15
2.3 Evaluación de la sismicidad .....	17
2.3.1 Intensidad .....	17
2.3.2 Magnitud .....	20
2.3.3 Momento sísmico .....	21
2.3.4 Mecanismos de los terremotos .....	21
2.4 Vulnerabilidad sísmica .....	22
2.4.1 Daño en las edificaciones.....	26
2.5 Riesgo sísmico .....	27
2.6 Estudios sobre Riesgo Sísmico.....	29
2.7 Mitigación del Riesgo Sísmico .....	31
2.8 Resumen .....	34
<b>CAPÍTULO III .....</b>	<b>37</b>
3 VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICIOS .....	38
3.1 Introducción.....	38
3.2 Métodos de evaluación de la vulnerabilidad sísmica de los edificios basados en características generales de la estructura .....	39
3.2.1 Sistema de puntuación del índice de vulnerabilidad sísmica de edificios.....	39
3.2.2 Método para la determinación de la vulnerabilidad estructural de	

	Hospitales.....	41
	3.2.2.1 Cálculo del factor $E_o$ .....	41
	3.2.2.2 Cálculo del factor $S_D$ .....	43
	3.2.2.3 Cálculo del factor $T$ .....	44
	3.2.2.4 Cálculo del Índice $I_{so}$ .....	45
	3.2.3 Nivel de vulnerabilidad potencial desarrollado por HMC, 1997.....	45
3.3	Método del índice de vulnerabilidad (Benedetti y Petrini, 1982).....	47
3.3.1	Índice de vulnerabilidad para estructuras de mampostería no reforzada.....	47
3.3.2	Funciones de vulnerabilidad observada y simulada para edificios de mampostería no reforzada en España.....	50
3.3.3	Funciones de vulnerabilidad simulada para edificios de hormigón armado en España.....	53
3.4	Segunda función de vulnerabilidad observada en España para edificios de mampostería no reforzada.....	55
3.5	Resumen.....	58
<b>CAPÍTULO IV.....</b>		<b>61</b>
4	SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.....	62
4.1	Introducción.....	62
4.2	Definición de los Sistemas de Información Geográfica (SIG).....	63
4.3	Componentes de SIG.....	65
4.4	Conceptos generales de los Datos Geográficos.....	66
4.4.1	Globo Terrestre.....	67
4.4.2	Proyección de mapas.....	68
4.4.3	Tipos de Proyecciones.....	69
4.5	Datos geográficos.....	72
4.5.1	Atributos.....	73
4.5.2	Elementos geométricos.....	75
4.5.2.1	Coberturas.....	78
4.5.2.2	Elementos avanzados.....	79
4.6	Áreas de aplicación de los SIG.....	82
4.7	Resumen.....	84
<b>CAPÍTULO V.....</b>		<b>85</b>
5	DATOS UTILIZADOS EN EL ESTUDIO DE RIESGO SÍSMICO.....	86
5.1	Introducción.....	86
5.2	La Ciudad de Barcelona.....	87
5.3	Coberturas básicas de estudio.....	89
5.3.1	Distritos, manzanas y parcelas.....	89
5.3.2	Topografía de la ciudad.....	95
5.4	Datos correspondientes a la edad de los edificios.....	97
5.5	Material de construcción.....	100
5.5.1	Edificio - Parcela.....	102
5.5.2	Características constructivas.....	102

5.5.3	Datos utilizados en el estudio.....	113
5.6	Coberturas del tipo de suelo y zonificación sísmica .....	114
5.6.1	Mapa geotécnico de Barcelona.....	114
5.6.2	Mapa de zonificación sísmica .....	118
5.7	Resumen .....	120
<b><i>CAPÍTULO VI.....</i></b>		<b>121</b>
6	EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE DAÑO .....	122
6.1	Introducción.....	122
6.2	Evaluación de los parámetros del índice de vulnerabilidad .....	123
6.3	Mapas de vulnerabilidad y escenarios de daño .....	141
6.4	Resumen .....	158
<b><i>CAPÍTULO VIII.....</i></b>		<b>163</b>
7	ANÁLISIS COMPARATIVO DE ESCENARIOS .....	164
7.1	Introducción.....	164
7.2	Escenarios preliminares para intensidad VII.....	165
7.3	Escenarios de daño del ITEC para intensidad VI – VII (6.5).....	167
7.4	Escenarios de daño del SGC - ICC.....	169
7.5	Resumen .....	173
<b><i>CAPÍTULO VIII.....</i></b>		<b>175</b>
8	RESUMEN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	176
8.1	Introducción.....	176
8.2	Resumen .....	176
8.3	Conclusiones.....	181
8.4	Recomendaciones .....	183
REFERENCIAS .....		187
ANEXO A.....		197
ANEXO B .....		209
ANEXO C .....		215
ANEXO D.....		225

---

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 2.1.</b>	Origen de un terremoto, con su proyección en la superficie terrestre, (Nyffenegger, 1997).....	11
<b>Figura 2.2.</b>	Tipos principales de falla, provocados por un terremoto (Bolt, 1999) .....	11
<b>Figura 2.3.</b>	Mapa de Sismicidad global. En esta figura se muestran los terremotos ocurridos a partir de 1966, con magnitud superior a 6, en la escala Richter. (Bolt, 1999) .....	12
<b>Figura 2.4.</b>	Mapa de Peligrosidad Sísmica global (GSHAP, 1999) .....	13
<b>Figura 2.5.</b>	Mapa de la peligrosidad sísmica para el área Ibero–Magrebí, (GSHAP, 1999) .....	14
<b>Figura 2.6.</b>	Mapa de peligrosidad sísmica de España, para un periodo de retorno de 500 años de acuerdo a la Norma de Construcciones Sismorresistente de España de 1994 (NCSE-94) .....	14
<b>Figura 2.7.</b>	Mapa de intensidades máximas percibidas en Cataluña durante el siglo XX (Secanell, 1999; ICC).....	15
<b>Figura 2.8.</b>	Mapa de zonas sísmicas para Cataluña con un periodo de retorno de 500 años (Secanell, 1999; ICC) .....	16
<b>Figura 2.9.</b>	Mapa de peligrosidad sísmica según la Norma de Construcciones Sismorresistente de España (NCSE-94).....	17
<b>Figura 2.10.</b>	Comparación gráfica de las diferentes escalas de intensidad utilizadas en el mundo (NHRC; ATC-13).....	19
<b>Figura 2.11.</b>	Tipo de falla de presión y mecanismo focal correspondiente, (Nyffenegger, 1997).....	22
<b>Figura 2.12.</b>	Tipo de falla normal y mecanismo focal correspondiente (Nyffenegger, 1997).....	22
<b>Figura 2.13.</b>	Metodologías utilizadas para la evaluación del Riesgo Sísmico Específico a nivel Urbano .....	28
<b>Figura 2.14.</b>	Proceso de decisión del manejo del riesgo sísmico (CSSC, 1999) .....	33
<b>Figura 2.15.</b>	Programa de Mitigación del Riesgo Sísmico (CSSC, 1999).....	34
<b>Figura 3.1.</b>	Procedimiento utilizado para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de los edificios en Queensland, Australia (HMC, 1997) .....	46
<b>Figura 3.2.</b>	Funciones de índice de vulnerabilidad propuesta por Angeletti <i>et al</i> , 1988 .....	49
<b>Figura 3.3.</b>	Función de vulnerabilidad observada para edificios de mampostería no reforzada en España para un nivel de intensidad de VII en la escala MSK (Yépez, 1994). Las funciones propuestas por Angeletti <i>et al</i> , 1988 se representan por líneas discontinuas .....	50
<b>Figura 3.4.</b>	Función de vulnerabilidad simulada para intensidad VII MSK (curva gruesa) y función de vulnerabilidad observada (curva delgada). Cada punto corresponde a por lo menos un edificio generado .....	51
<b>Figura 3.5.</b>	Función de vulnerabilidad para los edificios de mampostería no reforzada para diferentes niveles de intensidad en la escala MSK (Yépez, 1996). Las líneas discontinuas delgadas representan las funciones italianas propuestas por Angeletti <i>et al</i> . (1988).....	52
<b>Figura 3.6.</b>	Función de vulnerabilidad para edificios de hormigón armado con pórticos sismorresistentes para las intensidades VII, VIII y IX en la escala MSK (Yépez, 1996) .....	54
<b>Figura 3.7.</b>	Función de vulnerabilidad para edificios de hormigón armado de losas	

	reticulares para las intensidades VI, VII y VIII en la escala MSK (Yépez, 1996).....	54
<b>Figura 3.8.</b>	Construcciones de mampostería no reforzada dañadas en la población de la Puebla de Mula debidas al terremoto del 2 de Febrero de 1999 .....	56
<b>Figura 3.9.</b>	Localización de los edificios estudiados en Puebla de Mula dañados por el terremoto de Murcia.....	56
<b>Figura 3.10.</b>	Función de vulnerabilidad observada para edificios de mampostería no reforzada para intensidad de VII en la escala MSK (Mena et al 1999) .....	57
<b>Figura 3.11.</b>	Comparación de las funciones de vulnerabilidad obtenidas a partir de los daños observados en construcciones de mampostería no reforzada como consecuencia de los terremotos de Almería y Murcia.....	57
<b>Figura 4.1.</b>	Ejemplo de representación de información correspondiente a un área geográfica con diferentes temas y capas (Mena <i>et al</i> , 2001). En esta figura se muestran de arriba a bajo los datos correspondientes a la topografía, tipo de suelo, datos de microzonificación e información catastral de la ciudad de Barcelona .....	64
<b>Figura 4.2.</b>	Principales componentes de un Sistema de Información Geográfica .....	65
<b>Figura 4.3.</b>	Ejemplos de mapas planos y tridimensionales utilizados para obtener los elementos que se utilizan en un proyecto SIG .....	66
<b>Figura 4.4.</b>	Representación del Globo Terrestre por medio de Latitudes y Meridianos .....	67
<b>Figura 4.5.</b>	Representación del Globo Terrestre mediante coordenadas de longitud y latitud .....	68
<b>Figura 4.6.</b>	Proyección del Globo Terrestre a coordenadas cartesianas $x, y$ .....	68
<b>Figura 4.7a.</b>	Proyección cónica tangente en la cual el cono intercepta un punto en la superficie de la esfera.....	69
<b>Figura 4.7b.</b>	Proyección cónica secante en la cual el cono intercepta dos puntos en la superficie de la esfera.....	69
<b>Figura 4.8a.</b>	Proyección cilíndrica tangente en la cual el cilindro intercepta un punto en la superficie de la esfera .....	70
<b>Figura 4.8b.</b>	Proyección cilíndrica secante en la cual el cilindro intercepta dos puntos en la superficie de la esfera .....	70
<b>Figura 4.9a.</b>	Proyección plana acimutal tangente en la cual la superficie del plano circular intercepta un punto en la superficie de la esfera .....	70
<b>Figura 4.9b.</b>	Proyección plana acimutal secante en la cual la superficie del plano circular intercepta dos puntos en la superficie de la esfera.....	70
<b>Figura 4.10.</b>	a) Proyección cónica de igual área de Albers; b) Proyección cilíndrica de Robinson; c) Proyección plana acimutal del Polo Norte (GeoSystems Global, Corp.) .....	71
<b>Figura 4.11.</b>	Componentes básicos de los datos geográficos (ESRI, 1995) .....	72
<b>Figura 4.12.</b>	Estructural del análisis georeferencial .....	73
<b>Figura 4.13.</b>	Tablas de atributos básicos y de relación.....	74
<b>Figura 4.14.</b>	Estructura normal de un proyecto de SIG.....	74
<b>Figura 4.15.</b>	Elementos geográficos básicos para la modelación del mundo real .....	75
<b>Figura 4.16.</b>	Proceso topológico ARCO – NODO o conectividad.....	76
<b>Figura 4.17.</b>	Proceso topológico, POLÍGONO – ARCO o definición de áreas .....	77
<b>Figura 4.18.</b>	Proceso topológico IZQUIERDA – DERECHA o contigüidad .....	77
<b>Figura 4.19.</b>	Generación de un modelo TIN a partir de una cobertura de puntos .....	80
<b>Figura 4.20.</b>	Sombreado analítico de una superficie a partir de un modelo TIN.....	80
<b>Figura 4.21.</b>	Diagrama que muestra la etapa en donde se aplican los Sistemas de Información Geográfica dentro de los estudios de Riesgo Sísmico.....	83

<b>Figura 5.1.</b>	En el recuadro superior izquierdo se muestra la localización geográfica de la ciudad de Barcelona. Ampliación de la ciudad y distritos que la forman.....	88
<b>Figura 5.2.</b>	La ciudad tiene una población de 1.505.325 habitantes (censo del 01-01-2001). Distribución de la población en los distritos de la ciudad.....	88
<b>Figura 5.3.</b>	Distribución de los sectores en los que esta dividida la ciudad de Barcelona de acuerdo al sistema de referencia auxiliar de la Figura 5.4. En esta figura se muestra la organización de la información teniendo una carpeta principal llamada SITEB (Sistema de Información Territorial de Barcelona), en el siguiente nivel los temas en los que está dividida la información ( <i>alt, cds, div, mov, ret, top</i> y <i>via</i> ), continuando con 11 carpetas correspondientes a las columnas ( <i>i, j, k, l, m, n, o, p, q, r</i> y <i>s</i> ) y finalmente los sectores.....	90
<b>Figura 5.4.</b>	Sistema de referencia auxiliar utilizado por el Ayuntamiento de Barcelona para dividir la información de la ciudad, constituida por aproximadamente 900 sectores para cada tema de información de acuerdo a la Tabla 5.1.....	91
<b>Figura 5.5.</b>	De acuerdo al sistema de referencia auxiliar utilizado, la dimensión aproximada de cada sector es de 350 X 460 m.....	91
<b>Figura 5.6.</b>	Información existente en los archivos del catastro.....	92
<b>Figura 5.7.</b>	Proceso seguido para la construcción de las coberturas básicas para el estudio de Riesgo Sísmico de la ciudad de Barcelona.....	93
<b>Figura 5.8.</b>	Proceso que se sigue para obtener los solares dentro de la parcela que formarán la planta real de los edificios, es decir, el área construida en las parcelas, así la información correspondiente al número de plantas subterráneas, número de plantas sobre rasante y tipo de azotea.....	94
<b>Figura 5.9.</b>	Generación de la altura de los edificios de cuatro manzanas del Eixample.....	95
<b>Figura 5.10.</b>	Triangulación de los puntos de la altimetría para la construcción de la cobertura de la topografía.....	96
<b>Figura 5.11.</b>	a) Curvas de nivel obtenidas a partir de la triangulación de los puntos espaciadas cada 10 metros; b) Superficie final obtenida de la topografía de la ciudad de Barcelona.....	97
<b>Figura 5.12.</b>	Promedio de año de construcción de los edificios por distrito de la ciudad de Barcelona.....	99
<b>Figura 5.13.</b>	Evolución en la construcción de los edificios de Barcelona por periodos de años.....	100
<b>Figura 5.14.</b>	La información proporcionada por el Ayuntamiento, contiene datos referentes al material de construcción de las partes señaladas en el ejemplo (sistema resistente, muros, forjados, cubiertas, piso y fachadas).....	101
<b>Figura 5.15.</b>	Porcentaje de parcelas de acuerdo al material de construcción por distrito.....	104
<b>Figura 5.16.</b>	Distribución de los edificios de acuerdo al material utilizado en el sistema resistente.....	106
<b>Figura 5.17.</b>	Distribución de los edificios de acuerdo al material utilizado en las paredes.....	106
<b>Figura 5.18.</b>	Distribución de los edificios de acuerdo al material utilizado en el forjado.....	107
<b>Figura 5.19.</b>	Distribución de los edificios de acuerdo al material utilizado en la cubierta.....	107
<b>Figura 5.20.</b>	Distribución de los edificios de acuerdo al material utilizado en la fachada.....	108
<b>Figura 5.21.</b>	Distribución de los edificios de acuerdo al material utilizado en el piso.....	108

<b>Figura 5.22a.</b>	Material de construcción utilizado en el sistema resistente para toda la ciudad.....	109
<b>Figura 5.22b.</b>	Material de construcción utilizado en los muros divisorios para toda la ciudad.....	109
<b>Figura 5.22c.</b>	Material de construcción utilizado en los forjados para toda la ciudad .....	109
<b>Figura 5.22d.</b>	Material de construcción utilizado en la cubierta para toda la ciudad .....	110
<b>Figura 5.22e.</b>	Material de construcción utilizado en las fachadas para toda la ciudad.....	110
<b>Figura 5.22f.</b>	Material de construcción utilizado en los pisos para toda la ciudad.....	110
<b>Figura 5.23.</b>	Distribución del hormigón como material de construcción utilizado en el sistema resistente por periodo de años y distritos .....	111
<b>Figura 5.24.</b>	Distribución de la mampostería como material de construcción utilizado en el sistema resistente por periodo de años y distritos .....	111
<b>Figura 5.25.</b>	Distribución del hormigón armado como material de construcción utilizado en el sistema resistente por período de años. ....	112
<b>Figura 5.26.</b>	Distribución de la mampostería como material de construcción utilizado en el sistema resistente por período de años .....	112
<b>Figura 5.27.</b>	Mapa geotécnico original de Barcelona, elaborado por el grupo LOSAN, (Losan, 1978; ICC, 2000).....	115
<b>Figura 5.28.</b>	Superposición de la cobertura del tipo de suelo con la cobertura de la topografía.....	117
<b>Figura 5.29.</b>	Clasificación del tipo de suelo de Barcelona de acuerdo al Mapa geotécnico de LOSAN (Losan, 1978).....	117
<b>Figura 5.30.</b>	Superposición de la cobertura de la zonificación sísmica y la cobertura de la topografía .....	119
<b>Figura 5.31.</b>	Zonificación sísmica basada en métodos de simulación numérica de efectos locales de acuerdo a Cid, (1999).....	119
<b>Figura 6.1.</b>	Mapa de peligrosidad sísmica de España, para un periodo de retorno de 500 años, de acuerdo a la Norma de Construcciones Sismorresistente de España (NCSE-94).....	124
<b>Figura 6.2.</b>	Diagrama de flujo para la evaluación del parámetro 1 (Tipo y organización del sistema resistente). La calificación máxima que se puede asignar en ambos casos de edificios es la B. Los valores del campo TIPO1B y TIPO2B, corresponden a los asignados en la Tabla 5.8 .....	125
<b>Figura 6.3.</b>	Diagrama de flujo para la evaluación del parámetro 2 (Calidad del sistema resistente). Los valores del campo TIPO2B, corresponden a los asignados en la Tabla 5.8 .....	126
<b>Figura 6.4.</b>	Área de muros en función de la dimensión en planta del edificio para el eje X (Caicedo, 1993) .....	128
<b>Figura 6.5.</b>	Área de muros en función de la dimensión en planta del edificio para el eje y (Caicedo, 1993) .....	128
<b>Figura 6.6.</b>	Diagrama de flujo para la evaluación del parámetro 3 (Resistencia convencional).....	132
<b>Figura 6.7.</b>	Mapa topográfico de la ciudad de Barcelona, dividido de acuerdo al tipo de suelo .....	132
<b>Figura 6.8.</b>	Diagrama de flujo para la evaluación del parámetro 4. (Posición del edificio y de la cimentación).....	133
<b>Figura 6.9.</b>	Diagrama de flujo para la evaluación del parámetro 5 (Tipo de forjados). Los valores del campo TIPO3B, corresponden a los asignados en la Tabla 5.8.....	133
<b>Figura 6.10.</b>	Formas originales en planta consideradas en la metodología del índice de vulnerabilidad.....	134
<b>Figura 6.11a.</b>	Forma general de en planta considerada para el cálculo del parámetro 6 (configuración en planta del edificio).....	135

<b>Figura 6.11b.</b>	La ampliación de las zonas próximas al centroide permiten observar los valores considerados para el cálculo del parámetro .....	135
<b>Figura 6.12.</b>	Diagrama de flujo para la evaluación del parámetro 6 (Configuración en planta) .....	136
<b>Figura 6.13.</b>	Formas originales consideradas para la evaluación del parámetro 7 .....	137
<b>Figura 6.14.</b>	Diagrama de flujo para la evaluación del parámetro 7 (Configuración en elevación).....	137
<b>Figura 6.15.</b>	Relación del área total construida con el espaciamiento máximo de muros en los edificios de mampostería no reforzada (Caicedo, 1993).....	138
<b>Figura 6.16.</b>	Diagrama de flujo para la evaluación del parámetro 8 (Espaciamiento máximo entre muros y conexiones entre elementos críticos) .....	139
<b>Figura 6.17.</b>	Diagrama de flujo para la evaluación del parámetro 9 (Tipo de cubierta y elementos de baja ductilidad). Los valores del campo TIPO4B, corresponden a los asignados en la Tabla 5.8 .....	139
<b>Figura 6.18.</b>	Diagrama de flujo para la evaluación del parámetro 10 (Elementos no estructurales).....	140
<b>Figura 6.19.</b>	Diagrama de flujo para la evaluación del parámetro 11 (Estado de conservación).....	140
<b>Figura 6.20.</b>	Mapa de vulnerabilidad sísmica para los edificios de mampostería no reforzada y hormigón armado del Distrito del Eixample. En las gráficas se agrupan los edificios de acuerdo a su grado de vulnerabilidad sísmica y tipo de edificio .....	143
<b>Figura 6.21.</b>	Escenario de daño calculado para un sismo de intensidad VI en la escala MSK para el Distrito del Eixample.....	146
<b>Figura 6.22.</b>	Escenario de daño calculado para un sismo de intensidad VII en la escala MSK para el Distrito del Eixample .....	147
<b>Figura 6.23.</b>	Escenario de daño calculado para un sismo de intensidad VIII en la escala MSK para el Distrito del Eixample .....	148
<b>Figura 6.24.</b>	Escenario de daño calculado para un sismo de intensidad IX en la escala MSK para el Distrito del Eixample.....	149
<b>Figura 6.25.</b>	Porcentaje de edificios del distrito del Eixample, clasificados por grado de daño dependiendo del terremoto de estudio considerado.....	150
<b>Figura 6.26.</b>	Vista tridimensional de mapa de vulnerabilidad sísmica de los edificios de mampostería no reforzada y hormigón armado del Distrito del Eixample .....	151
<b>Figura 6.27.</b>	Vista tridimensional del escenario de daño calculado para un sismo de intensidad VII en la escala MSK, para el Distrito del Eixample .....	151
<b>Figura 6.28.</b>	Vulnerabilidad media de los edificios de mampostería no reforzada por Distritos.....	152
<b>Figura 6.29.</b>	Vulnerabilidad media de los edificios de hormigón armado por Distritos ....	152
<b>Figura 6.30.</b>	Vulnerabilidad media de los edificios de mampostería no reforzada por Barrios.....	153
<b>Figura 6.31.</b>	Vulnerabilidad media de los edificios de hormigón armado por Barrios .....	153
<b>Figura 6.32.</b>	Índice de vulnerabilidad media por tipo de edificio para los diez distritos de la ciudad .....	154
<b>Figura 6.33.</b>	Índice de daño medio de los 4 escenarios de daño para los diez distritos de la ciudad .....	154
<b>Figura 6.34.</b>	Escenarios de daño medio por distrito de la ciudad de Barcelona, para diferentes intensidades.....	155
<b>Figura 6.35.</b>	Escenarios de daño medio por barrio de la ciudad de Barcelona, para diferentes intensidades.....	157
<b>Figura 7.1.</b>	Distribución de las clases de vulnerabilidad (A, B, C y D) en los diez distritos de Barcelona (Chávez, 1998).....	170

---

<b>Figura 7.2.</b>	Distribución de los edificios de mampostería no reforzada de cada distrito de acuerdo al índice de vulnerabilidad obtenido en este trabajo .....	171
<b>Figura 7.3.</b>	Distribución de los edificios de hormigón armado de cada distrito de acuerdo al índice de vulnerabilidad obtenido en este trabajo .....	171
<b>Figura 7.4.</b>	Distribución del daño sísmico en las edificaciones de Barcelona para un terremoto de intensidad VII en la escala MSK (Chávez, 1998).....	171
<b>Figura 7.5.</b>	Distribución del daño obtenidos en este trabajo, considerando un terremoto de intensidad VI en la escala MSK.....	172
<b>Figura 7.6.</b>	Distribución del daño obtenidos en este trabajo, considerando un terremoto de intensidad VII en la escala MSK .....	172
<b>Figura B-1.</b>	Diagrama de flujo de proceso para la simulación de mapas de peligrosidad sísmica en la comunidad de Cataluña, desarrollado en lenguaje AML de ArcInfo.....	211
<b>Figura B-2.</b>	Pantalla principal del programa INTEN.AML.....	212
<b>Figura B-3.</b>	Pantalla que permite introducir las coordenadas geográficas, coordenadas rectangulares UTM por medio del teclado o espaciales mediante el cursor, así como la magnitud y profundidad del sismo .....	213
<b>Figura B-4.</b>	Pantalla de salida gráfica del mapa de peligrosidad sísmica simulado para la comunidad de Cataluña .....	213

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.1.</b>	Frecuencia de terremotos basados en observaciones desde 1900 (USGS).....	3
<b>Tabla 3.1.</b>	Sistema de puntuación de índice de vulnerabilidad sísmica propuesta por Chang, <i>et al</i> , 1995.....	40
<b>Tabla 3.2.</b>	Valores de los coeficientes $\alpha_i$ .....	43
<b>Tabla 3.3.</b>	Valores propuestos por Hirosawa, para los parámetros $G_i$ y $R_i$ , la descripción de cada concepto ( $q_i$ ) puede verse en el trabajo de la OEA, 1993 .....	44
<b>Tabla 3.4.</b>	Valores del factor T .....	44
<b>Tabla 3.5.</b>	Factores necesarios para evaluar la vulnerabilidad potencial de edificios en Queensland, Australia .....	46
<b>Tabla 3.6.</b>	Escala numérica del índice de vulnerabilidad $I_v$ de los edificios de mampostería no reforzada (Benedetti and Petrini, 1984).....	48
<b>Tabla 3.7.</b>	Valores de los coeficientes de las funciones de vulnerabilidad para los edificios de mampostería, obtenidos en el calculo de las regresión polinómicas.....	52
<b>Tabla 3.8.</b>	Escala numérica del índice de vulnerabilidad $I_v$ para las estructuras de hormigón armado (Benedetti y Petrini 1984) .....	53
<b>Tabla 3.9.</b>	Valores de los coeficientes de las funciones de vulnerabilidad para los edificios de hormigón armado aporticados con vigas y columnas, obtenidos en el cálculo de las regresión polinómicas .....	55
<b>Tabla 3.10.</b>	Valores de los coeficientes de las funciones de vulnerabilidad para los edificios de hormigón armado aporticados con losas reticulares, obtenidos en el cálculo de las regresión polinómicas .....	55
<b>Tabla 3.8.</b>	Funciones de vulnerabilidad de edificios de mampostería no reforzada para una intensidad de VII en la escala MSK .....	58
<b>Tabla 4.1.</b>	Métodos de Proyección más usados en los Sistemas de Información Geográfica con sus propiedades y usos.....	71
<b>Tabla 4.2.</b>	Tablas de atributos y extensiones comunes utilizadas para los elementos ....	74
<b>Tabla 4.3.</b>	Resumen de los elementos utilizados en una cobertura .....	78
<b>Tabla 4.4.</b>	Formas de SIG que sirven para modelar los elementos del mundo real .....	81
<b>Tabla 5.1.</b>	Información proporcionada por el ayuntamiento de la Ciudad de Barcelona, actualizada hasta el año 1996.....	89
<b>Tabla 5.2.</b>	Información contenida en los archivos del catastro (CDS).....	92
<b>Tabla 5.3.</b>	Información contenida en los archivos de la altimetría (ALT) .....	96
<b>Tabla 5.4.</b>	Formato de la base de datos correspondiente a la edad de los edificios .....	98
<b>Tabla 5.5.</b>	Edad promedio de cada uno de los distritos de la Cd. de Barcelona .....	98
<b>Tabla 5.6.</b>	Columnas de datos contenidas en la información correspondiente al material utilizado en la construcción de las diferentes partes de un edificio .....	101
<b>Tabla 5.7.</b>	Columnas de datos contenidas en la información correspondiente al tipo de material utilizado en la construcción de las diferentes partes de un edificio .....	102
<b>Tablas 5.8.</b>	Nomenclatura utilizada para describir el tipo de material utilizado en las diferentes partes de un edificio .....	103
<b>Tabla 5.9.</b>	Comparación de la información obtenida por las diferentes fuentes de	

	datos, contenida en las coberturas de las parcelas. El valor de la columna (i) es el porcentaje de edificios por distrito utilizados para el estudio de Riesgo Sísmico correspondiente a la relación de la columna (h) y la columna (d). El valor de la columna (k) es el porcentaje de edificios a nivel ciudad utilizados en el estudio correspondientes a la relación de la columna (h) y el total de edificios de la columna (d) .....	113
<b>Tabla 6.1.</b>	Términos contenidos en la base de datos que se encuentra asociada a las coberturas de las parcelas de cada distrito .....	123
<b>Tabla 6.2.</b>	Valores recomendados de esfuerzo cortante máximo para paneles de mampostería.....	127
<b>Tabla 6.3.</b>	Forjados tipo utilizado para el cálculo de coeficiente <i>C</i> , obtenidos de la norma básica de edificaciones AE-88 .....	129
<b>Tabla 6.4.</b>	Valores que definen la ordenada espectral en función del tipo de suelo.....	131
<b>Tabla 6.5.</b>	Campos contenidos en la base de datos que se encuentra asociada a las coberturas de las parcelas de cada distrito .....	141
<b>Tabla 6.6.</b>	Resultados del índice de vulnerabilidad para los edificios del Eixample .....	142
<b>Tabla 6.7.</b>	Escala de daño considerada en este trabajo para la construcción de los mapas de escenarios de daño propuesta en este trabajo .....	145
<b>Tabla 6.8.</b>	Resultados del índice de daño obtenidos para el distrito del Eixample, considerando cuatro terremotos de estudio .....	145
<b>Tabla 6.9.</b>	Valores de índice de vulnerabilidad media e índice de daño medio por distrito .....	154
<b>Tabla 6.10.</b>	Valores de índice de vulnerabilidad media e índice de daño medio por barrio.....	156
<b>Tabla 6.11a.</b>	Resultados del índice de vulnerabilidad para los edificios de Ciutat Vella.....	158
<b>Tabla 6.11b.</b>	Resultados del índice de daño obtenidos para el distrito de Ciutat Vella, considerando cuatro terremotos de estudio. Para el terremoto de intensidad IX, sólo se consideran los edificios de mampostería no reforzada .....	158
<b>Tabla 6.12a.</b>	Resultados del índice de vulnerabilidad para los edificios de Sants Montjüic.....	159
<b>Tabla 6.12b.</b>	Resultados del índice de daño obtenidos para el distrito de Sants Montjüic, considerando cuatro terremotos de estudio. Para el terremoto de intensidad IX, sólo se consideran los edificios de mampostería no reforzada .....	159
<b>Tabla 6.13a.</b>	Resultados del índice de vulnerabilidad para los edificios de Les Corts .....	159
<b>Tabla 6.13b.</b>	Resultados del índice de daño obtenidos para el distrito de Les Corts, considerando cuatro terremotos de estudio. Para el terremoto de intensidad IX, sólo se consideran los edificios de mampostería no reforzada .....	159
<b>Tabla 6.14a.</b>	Resultados del índice de vulnerabilidad para los edificios de Sarrià – S. Gervasi .....	160
<b>Tabla 6.14b.</b>	Resultados del índice de daño obtenidos para el distrito de Sarrià – S. Gervasi, considerando cuatro terremotos de estudio. Para el terremoto de intensidad IX, sólo se consideran los edificios de mampostería no reforzada .....	160
<b>Tabla 6.15a.</b>	Resultados del índice de vulnerabilidad para los edificios de Gràcia .....	160
<b>Tabla 6.15b.</b>	Resultados del índice de daño obtenidos para el distrito de Gràcia, considerando cuatro terremotos de estudio. Para el terremoto de intensidad IX, sólo se consideran los edificios de mampostería no	

	reforzada .....	160
<b>Tabla 6.16a.</b>	Resultados del índice de vulnerabilidad para los edificios de Horta – Guinardo .....	161
<b>Tabla 6.16b.</b>	Resultados del índice de daño obtenidos para el distrito de Horta – Guinardo, considerando cuatro terremotos de estudio. Para el terremoto de intensidad IX, sólo se consideran los edificios de mampostería no reforzada .....	161
<b>Tabla 6.17a.</b>	Resultados del índice de vulnerabilidad para los edificios de Nou Barris.....	161
<b>Tabla 6.17b.</b>	Resultados del índice de daño obtenidos para el distrito de Nou Barris, considerando cuatro terremotos de estudio. Para el terremoto de intensidad IX, sólo se consideran los edificios de mampostería no reforzada .....	161
<b>Tabla 6.18a.</b>	Resultados del índice de vulnerabilidad para los edificios de Sant Andreu .....	162
<b>Tabla 6.18b.</b>	Resultados del índice de daño obtenidos para el distrito de Sant Andreu, considerando cuatro terremotos de estudio. Para el terremoto de intensidad IX, sólo se consideran los edificios de mampostería no reforzada .....	162
<b>Tabla 6.19a.</b>	Resultados del índice de vulnerabilidad para los edificios de Sant Martí.....	162
<b>Tabla 6.19b.</b>	Resultados del índice de daño obtenidos para el distrito de Sant Martí, considerando cuatro terremotos de estudio. Para el terremoto de intensidad IX, sólo se consideran los edificios de mampostería no reforzada .....	162
<b>Tabla 7.1.</b>	Índice de vulnerabilidad calculado por Yépez (1996) para edificios de mampostería no reforzada y hormigón armado, comparado con los resultados obtenidos en este trabajo.....	166
<b>Tabla 7.2.</b>	Índice de daño calculado por Yépez (1996) comparado con los resultados de este trabajo, para las manzanas estudiadas del Eixample, considerando un terremoto de intensidad VII en la escala MSK.....	166
<b>Tabla 7.3.</b>	Comparación de los resultados obtenidos en este trabajo (para un terremoto de intensidad VI y VII), con los calculados para el distrito de Ciutat Vella por Mañà (1997), para un terremoto de intensidad VI – VII, en la escala MSK .....	168
<b>Tabla 7.4.</b>	Comparación de los resultados obtenidos en este trabajo (para un terremoto de intensidad VI y VII), con los calculados para el distrito del Eixample por Mañà (1997), para un terremoto de intensidad VI – VII, en la escala MSK .....	169
<b>Tabla 7.5.</b>	Porcentaje de edificios de la ciudad de Barcelona de acuerdo a la clase de vulnerabilidad obtenida (Chávez, 1998) .....	170
<b>Tabla 7.6.</b>	Distribución del daño sísmico en las edificaciones de Barcelona para un terremoto de intensidad VII en la escala MSK (Chávez, 1998).....	171
<b>Tabla 7.7.</b>	Comparación de los resultados finales para la ciudad de Barcelona obtenidos en este trabajo para las intensidades de VI y VII, y los obtenidos por Chávez (1998), para un terremoto de intensidad VII en la escala MSK .....	173
<b>Tabla A-1.</b>	Escala de intensidad sísmica Rossi – Forel.....	198
<b>Tabla A-2.</b>	Escala de Mercalli Modificada (MM-56) .....	199
<b>Tabla A-3.</b>	Escala de intensidad sísmica de GEOFIAN.....	200
<b>Tabla A-4.</b>	Escala de intensidad sísmica JMA.....	201
<b>Tabla A-5.</b>	Escala de intensidad sísmica MSK .....	202
<b>Tabla A-6.</b>	Clasificación utilizada por la Escala Macrosísmica Europea (EMS-98), para diferenciar las estructuras por clase de vulnerabilidad.....	204
<b>Tabla A-7.</b>	Escala macrosísmica europea EMS-98 .....	205

<b>Tabla A-8.</b>	Clasificación del daño en edificios de mampostería (EMS-98).....	206
<b>Tabla A-9.</b>	Clasificación del daño para edificios de hormigón reforzado (EMS-98).....	207
<b>Tabla C-1.</b>	Definición de daño de acuerdo al EERI.....	216
<b>Tabla C-2.</b>	Definición de daño de acuerdo a Whitman (NHRC, 1973) .....	217
<b>Tabla C-3.</b>	Definición de daño de acuerdo a Whitman (NHRC, 1975) .....	218
<b>Tabla C-4.</b>	Definición de daño de acuerdo a Hirschberg (NHRC) .....	218
<b>Tabla C-5.</b>	Definición de daño de acuerdo a Rojahn (NHRC).....	218
<b>Tabla C-6.</b>	Definición de daño de acuerdo a la NHRC.....	219
<b>Tabla C-7.</b>	Definición de daño del ATC-13.....	219
<b>Tabla C-8.</b>	Definición de daño de la Yépez (1996), para edificios de mampostería no reforzada .....	220
<b>Tabla C-9.</b>	Escala para la evaluación del grado de daño propuesta por Benedetti <i>et al</i> , 1988 .....	220
<b>Tabla C-10.</b>	Índice de daño vs Daño observado, propuesto por Park, et al 1985. En este trabajo se considera el índice de daño como el daño global de la estructura en donde $ID < 40\%$ , representa daño reparable; daño entre el $40 - 100 \%$ , representa un daño más allá de lo reparable y $ID > 100\%$ , representa colapso total de la estructura .....	221
<b>Tabla C-11.</b>	Clasificación más detallada propuesta por Park <i>et al</i> 1987. En este trabajo siguen considerando que a partir de un daño mayor a $40\%$ , va más allá de lo reparable.....	221
<b>Tabla C-12.</b>	Estados de daño propuestos por Bracci <i>et al</i> (1989), basados en el índice de daño de Park, Ang and Wen. En este trabajo observaron que existe una mayor dispersión de los valores, en los estados de daño, que en los anteriores trabajos .....	222
<b>Tabla C-13.</b>	Singhal and Kiremidjian, 1996, utiliza 5 estados de daños discretos, basados en el índice de daño de Park, Ang and Wen, para evaluar las pérdidas económicas y víctimas debidas al daño en las estructuras .....	222
<b>Tabla C-14.</b>	Estados de daño propuestos por Hwang <i>et al</i> , 1994 para edificios de hormigón armado. El índice utilizado en este trabajo es el propuesto por Park, Ang y Wen.....	223
<b>Tabla C-15.</b>	Estados de daño considerados por Roufaiel y Meyer 1987, para la evaluación de matrices de probabilidad de daño, de estructuras de hormigón armado .....	223
<b>Tabla C-16.</b>	Estado de daño propuestos por Mosalam <i>et al</i> , 1997. En este caso los estados límites dependen del tipo de estructura .....	224
<b>Tabla C-17.</b>	Estados de daño propuestos por Tatsumi et al (1992), para la función de daño DF-MRA, en donde el daño está medido en forma cuantitativa con respecto a la relación perdida en dólares / el valor de reposición .....	224