



# **CURSO/GUÍA PRÁCTICA DEL RIESGO SÍSMICO EN LA EDIFICACIÓN Y EL URBANISMO.**

## **Construcción sismorresistente y antisísmica**





## Índice

<b>¿QUÉ APRENDERÁ?</b>	<b>18</b>
<b>PRELIMINAR</b>	<b>19</b>
<b>El riesgo sísmico en la edificación y el urbanismo en 14 preguntas y respuestas.</b>	<b>19</b>
<b>1. ¿Qué es un terremoto y cómo ocurre?</b>	<b>19</b>
a. Los terremotos son una de las fuerzas más destructivas de la naturaleza.	19
b. ¿Cómo impactan los terremotos en los edificios?	21
<b>2. ¿Qué es la prevención sísmica en la edificación?</b>	<b>21</b>
a. Diagnóstico arquitectónico del riesgo sísmico	21
b. Técnicas del Diagnóstico estructural	22
c. Descripción de riesgo sísmico	23
d. Mapa de peligro sísmico	24
e. Predicción de terremotos y riesgo sísmico	25
<b>3. ¿Cuál es el riesgo sísmico?</b>	<b>25</b>
a. El riesgo sísmico es un indicador	26
Peligro	26
Exposición	27
Vulnerabilidad	27
b. Evaluación de riesgo sísmico	28
c. El concepto de sostenibilidad estructural	28
d. La sismo-resistencia	29
<b>4. ¿Cuáles son las características de los edificios antisísmicos?</b>	<b>29</b>
a. Requisitos de un edificio antisísmico	29
b. ¿Cómo conseguir estas funciones?	29
c. Diseño arquitectónico antisísmico	30
Adopción de núcleos de refuerzo	30
Criterio de la jerarquía de resistencias	30
Diseño meticuloso de los nodos estructurales	30
Adopción de disipadores de calor	30
d. Materiales en la construcción antisísmica	30
Madera	30
Hormigón armado	31
Materiales innovadores. Polímeros.	31
e. Bloques de ladrillos con refuerzo metálico. Mampostería armada	32
f. Los sistemas constructivos antisísmicos	32
g. Cimientos	32
Muros, vigas y columnas (elementos verticales)	32
Techo y suelos ligeros (elementos horizontales)	33
<b>5. ¿Qué es la protección sísmica de estructuras?</b>	<b>33</b>
<b>6. ¿Cómo afectan las fuerzas sísmicas a los edificios?</b>	<b>34</b>
a. ¿Cuál es la naturaleza de las fuerzas sísmicas?	34
b. Factores que agravan a las fuerzas sísmicas	35
Peso del edificio	35
Periodo natural de vibración	35
c. La amortiguación del riesgo sísmico en la edificación	36
d. Espectro de respuesta	37
e. Ductilidad en la edificación	37
f. Resistencia a las fuerzas sísmicas	39
g. Rigidez estructural del edificio	39
<b>7. ¿Cómo hacer un edificio a prueba de terremotos?</b>	<b>40</b>
a. Crear una base flexible	40



b. Contrafuerzas con amortiguación	41
c. Dispositivos de control vibratorio	41
d. Poder del péndulo	41
e. Proteger los edificios de las vibraciones. Anillos concéntricos de hormigón bajo el edificio.	41
f. Reforzar la estructura del edificio	42
<b>8. ¿Qué soluciones ofrece la ingeniería sísmica a la edificación?</b>	<b>42</b>
a. Método de aislamiento base	43
Sistema de cojinetes que se colocan entre el edificio y los cimientos del edificio.	43
Deformaciones y daños a las estructuras	43
Respuesta del edificio aislado de la base	43
b. Dispositivos de disipación de energía	44
Dispositivos de amortiguación	45
c. Airbags antisísmicos	45
d. Base de goma rellenas de plomo.	45
e. Amortiguaciones inteligentes	46
f. Bola de acero	46
<b>9. ¿Qué es el aislamiento de la base edificatoria y su relación con el riesgo sísmico?</b>	<b>46</b>
a. Aislamiento de base para los edificios	46
b. ¿Cuánto puede ser útil adoptar esta solución de aislamiento sísmico?	48
c. ¿Cuánto cuesta?	48
d. Clases de aisladores	49
e. Clases de amortiguadores	49
f. Ejemplos de edificaciones antisísmicas.	49
<b>10. ¿Cómo se está aplicando la inteligencia artificial (IA) en los edificios resistentes a los terremotos?</b>	<b>50</b>
a. Sistema basado en inteligencia artificial del mundo capaz de detener los efectos edificatorios de los terremotos.	51
b. Aislamiento sísmico mediante inteligencia artificial	51
<b>11. ¿Qué son los códigos sísmicos o códigos de terremotos?</b>	<b>51</b>
<b>12. ¿Cuáles son las mejores soluciones tecnológicas y materiales para construir edificios sismorresistentes?</b>	<b>52</b>
a. El edificio antisísmico	52
b. Análisis geológico y diseño antisísmico	52
c. Materiales para construcción antisísmica	53
<b>13. ¿Por qué razón los edificios de hormigón resisten bien a los terremotos?</b>	<b>53</b>
<b>14. ¿Cómo dar una respuesta urbanística al riesgo sísmico?</b>	<b>54</b>
a. Aspectos urbanísticos del riesgo sísmico	54
b. Definir un método y producir una herramienta de evaluación a priori de la vulnerabilidad del edificio	55
c. Realizar y utilizar uno o más escenarios de eventos sísmicos en una o más áreas de estudio por determinar.	56
d. Realización de microzonificación en uno o más sitios piloto	57
<b>PARTE PRIMERA</b>	<b>58</b>
<b>Introducción al riesgo sísmico en la edificación y el urbanismo. Construcción sismorresistente y antisísmica.</b>	<b>58</b>
<b>Capítulo 1. Introducción al riesgo sísmico en la edificación y el urbanismo. Construcción sismorresistente y antisísmica.</b>	<b>58</b>
<b>1. Importancia de la construcción sismorresistente y antisísmica</b>	<b>58</b>
<b>2. Definiciones clave</b>	<b>59</b>
<b>Capítulo 2. Fundamentos teóricos del riesgo sísmico</b>	<b>61</b>
<b>1. Historia y evolución de la construcción antisísmica</b>	<b>61</b>



2. Principales terremotos y su impacto en la normativa _____	62
3. Tecnologías y técnicas modernas de construcción sismorresistente _____	63
Aisladores de base _____	63
Amortiguadores sísmicos _____	63
Sistemas de refuerzo con estructuras de acero _____	63
Muros de corte _____	64
Diseño con ductilidad _____	64
<b>Capítulo 3. Impacto del sismo en edificaciones y urbanismo _____</b>	<b>65</b>
1. La importancia de la planificación urbanística en zonas sísmicas _____	65
2. Impacto del urbanismo en la propagación de ondas sísmicas _____	66
3. Redes viales y transporte en zonas de riesgo sísmico _____	67
<b>Capítulo 4. Principios de diseño sismorresistente _____</b>	<b>69</b>
1. Conceptos básicos: vulnerabilidad, capacidad, exposición y riesgo _____	69
2. Herramientas y técnicas de evaluación de la vulnerabilidad _____	70
3. Evaluación post-evento y sistemas de clasificación _____	71
<b>Capítulo 5. Construcción antisísmica de edificaciones _____</b>	<b>73</b>
1. Influencia del urbanismo en el riesgo sísmico _____	73
2. Políticas de zonificación y regulaciones de construcción _____	74
3. Integración de medidas antisísmicas en la planificación urbana _____	75
<b>Capítulo 6. Urbanismo y planificación territorial antisísmica _____</b>	<b>77</b>
1. Terremotos y su impacto en centros comerciales y áreas de ocio _____	77
2. Estrategias de mitigación para infraestructuras de ocio y comercio _____	78
3. Casos de estudio: Análisis post-terremoto en infraestructuras de ocio y comercio _____	79
<b>Capítulo 7. Normativas y reglamentaciones en construcción sismorresistente _____</b>	<b>81</b>
1. Metodologías de evaluación de la vulnerabilidad en centros comerciales y de ocio _____	81
2. Herramientas y software para la evaluación de vulnerabilidad _____	82
3. Aplicación de metodologías de evaluación en centros comerciales históricos _____	83
<b>Capítulo 8. Evaluación y análisis post-sismo _____</b>	<b>85</b>
1. Impacto de los terremotos en el diseño urbano _____	85
2. El rol de la infraestructura verde en la mitigación del riesgo sísmico _____	86
3. Reducción de la densidad constructiva como medida preventiva _____	87
Ventajas de reducir la densidad constructiva _____	87
Desafíos y consideraciones _____	87
Implementación de la medida _____	88
<b>Capítulo 9. Formación y conciencia sísmica _____</b>	<b>89</b>
1. Cartografía catastral: definición, utilidad y relación con el riesgo sísmico. _____	89
2. El papel del Sistema de Información Geográfica (SIG o GIS) en la evaluación sísmica. _____	90
<b>Capítulo 10. Estudios de caso _____</b>	<b>92</b>
1. Normativa sismorresistente: objetivos y alcance general. _____	92
2. Componentes clave y parámetros de diseño. _____	93



3. Aplicación práctica y consideraciones de diseño edificatorio.	95
<b>Capítulo 11. Recursos y herramientas adicionales</b>	<b>97</b>
1. Concepto y significado de la vulnerabilidad en la edificación.	97
Tipos de Vulnerabilidad	97
Factores que Aumentan la Vulnerabilidad	97
Importancia de la Evaluación de la Vulnerabilidad	98
2. Metodologías y herramientas para evaluar la vulnerabilidad en edificaciones.	98
Tipos de Evaluaciones	99
Métodos de Evaluación	99
Herramientas Tecnológicas	99
3. Estrategias para reducir la vulnerabilidad en construcciones existentes.	100
Identificación de Deficiencias	100
Refuerzo y Retrofitting	100
Reconfiguración Estructural	100
Uso de Materiales y Tecnologías Innovadoras	100
<b>Capítulo 12. Conclusiones y reflexiones preliminares.</b>	<b>102</b>
1. Integración de la normativa sismorresistente en el diseño de nuevos proyectos.	102
Estudio del Terreno y Características Sísmicas	102
Elección del Sistema Estructural	102
Consideraciones de Diseño según la Normativa	102
Validación y Revisión	103
2. Adaptación y modificación de proyectos existentes conforme a la normativa actualizada.	103
Evaluación Estructural	103
Identificación de Deficiencias	104
Técnicas de Reforzamiento	104
Validación Post-Refuerzo	104
3. Impacto económico de la adaptación a la normativa y análisis de coste-beneficio.	104
Costes Asociados a la Adaptación	105
Beneficios Tangibles	105
Beneficios Intangibles	105
Análisis de Coste-Beneficio	105
4. Estrategias de financiación y apoyo gubernamental para la adaptación a la normativa.	106
Financiación Tradicional	106
Subvenciones y Ayudas Gubernamentales	106
Financiación Internacional	107
Fondos de Riesgo y Seguros	107
Alianzas Público-Privadas (APP)	107
<b>PARTE SEGUNDA</b>	<b>108</b>
La prevención de terremotos en la edificación y el urbanismo.	108
<b>Capítulo 13. Ingeniería Sismorresistente (ISR) o Ingeniería Sísmica o estructural.</b>	<b>108</b>
1. La rama de la ingeniería dedicada a la mitigación de los efectos de los terremotos.	108
Peligrosidad Sísmica	108
Vulnerabilidad Sísmica	108
Riesgo Sísmico	109
Normativa Sísmica	109
2. Evaluación del riesgo sísmico y estudios de peligrosidad sísmica.	109
Estudios de Peligrosidad Sísmica	109



Evaluación de la Vulnerabilidad _____	110
Reducción del Riesgo Sísmico _____	110
<b>Capítulo 14. Definición de riesgo sísmico. _____</b>	<b>111</b>
<b>1. Definición de riesgo sísmico _____</b>	<b>111</b>
<b>2. Peligrosidad sísmica y Métodos de Evaluación de Peligrosidad Sísmica _____</b>	<b>112</b>
<b>3. Vulnerabilidad _____</b>	<b>113</b>
<b>4. Daño sísmico _____</b>	<b>114</b>
Daño Estructural _____	115
Daño No Estructural _____	115
<b>5. Estados o grados de daño. _____</b>	<b>116</b>
<b>6. Evaluación de daños. Evaluación post-sísmica. _____</b>	<b>117</b>
Evaluación Rápida (o de Habitabilidad) _____	117
Evaluación Detallada _____	117
<b>Capítulo 15. Riesgo sísmico _____</b>	<b>119</b>
<b>1. Diferencia entre riesgo sísmico, peligrosidad y vulnerabilidad. _____</b>	<b>119</b>
Peligrosidad Natural _____	119
Vulnerabilidad (V) _____	119
Grado de daño o pérdidas (D) _____	119
Elementos del territorio (E) _____	120
Riesgo (Rs) _____	120
Riesgo global (Rt) _____	120
<b>2. Intensidad macrosísmica _____</b>	<b>121</b>
<b>3. Vulnerabilidad sísmica _____</b>	<b>122</b>
a. Métodos Empíricos _____	122
b. Métodos Analíticos o Teóricos _____	123
c. Métodos Experimentales _____	123
<b>4. Daño _____</b>	<b>123</b>
Daño Físico _____	123
Daño Económico _____	124
<b>5. Peligrosidad sísmica _____</b>	<b>125</b>
<b>6. Caso práctico Riesgo sísmico. Centro Comercial y la Confrontación con el Riesgo Sísmico _____</b>	<b>126</b>
1. Diferencia entre riesgo sísmico, peligrosidad y vulnerabilidad _____	126
2. Intensidad macrosísmica _____	127
3. Vulnerabilidad sísmica _____	127
4. Daño _____	127
5. Peligrosidad sísmica _____	127
<b>Capítulo 16. ¿Qué es una construcción sismorresistente o construcción antisísmica? _____</b>	<b>129</b>
<b>1. Hormigón armado y acero _____</b>	<b>129</b>
Estructura de Hormigón Armado _____	129
Columnas Reforzadas _____	129
Encadenado Superior _____	130
Cimientos Reforzados _____	130
Sistemas de Disipación de Energía _____	130
Cruces de Tensores _____	130
<b>2. Sistema de bloques aislantes en los cimientos permitiendo que el suelo se mueva pero el edificio no. _____</b>	<b>130</b>
Flexibilidad _____	131
Dispositivos de Aislamiento _____	131



Protección de Vidas y Propiedades	131
Mantenimiento de la Funcionalidad	131
Aplicaciones Variadas	131
Normativas y Diseño Personalizado	132
<b>3. El emplazamiento de viviendas en zonas sísmicas.</b>	<b>132</b>
Estudio Geotécnico	132
Normativas y Códigos de Construcción	132
Adecuada Cimentación	132
Simetría y Elasticidad	132
Separación entre Medianeras	133
Reforzamiento Sísmico	133
Planificación del Entorno	133
<b>4. A mayor base edificatoria mayor seguridad.</b>	<b>133</b>
<b>5. Técnicas de construcción antisísmicas en Iberoamérica.</b>	<b>134</b>
<b>6. Caso Práctico: ¿Qué es una construcción sismorresistente o construcción antisísmica? Edificio y su Reconstrucción Sismorresistente</b>	<b>134</b>
<b>PARTE TERCERA</b>	<b>136</b>
<b>Metodologías de evaluación de la vulnerabilidad</b>	<b>136</b>
<b>Capítulo 17. Metodologías y técnicas en la Ingeniería Sísmica.</b>	<b>136</b>
1. Métodos empíricos y clases de vulnerabilidad de cada tipología constructiva.	136
2. Métodos analíticos	137
3. Caso Práctico: Metodologías y técnicas en la Ingeniería Sísmica. Rediseño del Centro Comercial	137
<b>Capítulo 18. La prevención de terremotos en la edificación y el urbanismo.</b>	<b>139</b>
1. Prevención de terremotos.	139
2. Metodología para reducir la vulnerabilidad de los edificios. Estudio de vulnerabilidad sísmica.	140
a. Matrices de probabilidad de daño correspondientes a diferentes tipos de instalaciones y servicios del ATC (Applied Technology Council).	141
b. Índice de vulnerabilidad para evaluar la vulnerabilidad de las edificaciones (sistema italiano).	142
c. EMS-98	142
d. Programa HAZUS	144
e. Método del índice de Vulnerabilidad (MIV). Risk-UE	144
3. Caso Práctico: Metodología para reducir la vulnerabilidad de los edificios. Estudio de vulnerabilidad sísmica. Fortalecimiento del Hospital	145
<b>Capítulo 19. Metodologías de evaluación de la vulnerabilidad</b>	<b>147</b>
1. Método del índice de vulnerabilidad	147
2. Métodos que clasifican las construcciones por tipología, material o año de construcción como es la escala de intensidad EMS- 98.	148
Distinción de Diferencias	148
Parámetros Evaluar múltiples parámetros	148
Personalización del Análisis	148
Identificación de Factores Críticos	149
3. Método de la Escala Macrosísmica Europea (EMS)	149
Clasificación de Vulnerabilidad	149
Factores de Vulnerabilidad	149
Parámetros de Regularidad y Localización	150
Ilustraciones Gráficas	150



Eliminación de Daños No Relacionados con la Vibración Sísmica _____	150
<b>4. Caso Práctico: Metodologías de evaluación de la vulnerabilidad. Evaluación y Mejora de la Resiliencia Sísmica en la Residencia _____</b>	<b>150</b>
<b>5. Caso Práctico: La Escala Macrosísmica Europea (EMS). Evaluación de Daños Post-Sísmicos en edificio residencial. _____</b>	<b>152</b>
<b>6. Caso Práctico: Proyecto Risk UE. Revisión de Riesgo Sísmico en Distrito Patrimonial _____</b>	<b>154</b>
<b>PARTE CUARTA _____</b>	<b>157</b>
Terremotos y urbanismo _____	157
<b>Capítulo 20. Antecedentes históricos del efecto de los terremotos en la evolución del urbanismo. _____</b>	<b>157</b>
1. Edad media. La creencia de que los pozos evitaban los terremotos. _____	157
2. Componente horizontal de la acción sísmica. _____	158
3. Evolución del urbanismo _____	159
Cambios en la Configuración Urbana _____	159
Necesidad de Trasladar Ciudades _____	160
Importancia de las Calles Espaciosas _____	160
Efectos del Terreno _____	160
Diseño de Edificios _____	160
Regulaciones Sísmicas _____	160
Innovación en Materiales y Técnicas de Construcción _____	160
Observatorios y Estudios Sismológicos _____	161
<b>Capítulo 21. Terremotos y urbanismo. _____</b>	<b>162</b>
1. Los terremotos y la necesidad de planificar urbanísticamente las ciudades. _____	162
Códigos de Construcción Sísmica _____	162
Evaluación de Riesgos _____	162
Zonificación Sísmica _____	162
Diseño Sismorresistente _____	163
Control de Edificaciones _____	163
Infraestructura Sísmica _____	163
Educación y Concientización _____	163
Planes de Emergencia _____	163
Evaluación de Vulnerabilidad Existente _____	163
Inversión en Investigación Sísmica _____	163
2. Planes generales de ordenación urbana en zonas de riesgo sísmico _____	164
Evaluación del Riesgo Sísmico _____	164
Zonificación Sísmica _____	164
Regulaciones de Construcción _____	164
Parámetros Urbanísticos _____	164
Planificación de Espacios Públicos _____	165
Educación y Sensibilización _____	165
Adaptación a Normativas _____	165
3. Caso Práctico: Planes generales de ordenación urbana en zonas de riesgo sísmico. Adaptación Urbanística de un región. _____	165
Evaluación y Planificación _____	165
Evolución del Urbanismo _____	166
<b>Capítulo 22. Planeamiento urbanístico en zonas sísmicas. _____</b>	<b>168</b>
1. Especificaciones sísmico-urbanísticas _____	168
Conservación de la Topografía _____	168
Selección de Solares Edificables _____	168
Baja Densidad de Población _____	168



Tipo de Edificio y Rigidez	169
Regularidad en la Forma en Planta	169
Desarrollo de Núcleos Urbanos	169
Limitación de Longitud de Construcciones en Medianería	169
Distribución Uniforme de Masas	169
Diseño de Instalaciones Urbanas	169
<b>2. Planes urbanísticos que deben prever el riesgo sísmico.</b>	<b>170</b>
Zonificación Sísmica	170
Normas de Construcción Sísmica	170
Restricciones de Uso de Suelo	170
Medidas de Mitigación	170
Evaluación de Vulnerabilidad	170
Planificación de Evacuación y Respuesta	171
Resiliencia de Infraestructuras Críticas	171
Normas de Reconstrucción	171
Educación y Concienciación Pública	171
Coordinación entre Autoridades	171
<b>3. Ordenación del territorio</b>	<b>172</b>
a. Estudios geológicos, geotectónicos, hidrológicos y topográficos del suelo, el subsuelo, el agua, la vegetación y el paisaje.	173
b. Planos geológicos. Velocidad de las ondas de cizalla (Vs) de las capas más superficiales del terreno.	173
c. Códigos sísmicos de construcción	174
d. Clasificación del terreno según la NCSE-02.	175
Velocidad de las ondas S	175
Resistencia a la penetración	175
Resistencia a compresión simple	175
Coeficiente del terreno (C)	175
e. Clasificación del terreno según el EC-8.	176
Suelo de Tipo A	176
Suelo de Tipo B	176
Suelo de Tipo C	176
Suelo de Tipo D	176
Suelo de Tipo E	176
<b>4. Planeamiento urbanístico</b>	<b>177</b>
<b>5. Caso Práctico: Planeamiento urbanístico en zonas sísmicas. Prevención y Planeamiento un municipio.</b>	<b>178</b>
<b>Capítulo 23. Parámetros urbanísticos que afectan a la vulnerabilidad de los edificios.</b>	<b>181</b>
<b>1. Parámetros urbanísticos de respuesta sísmica.</b>	<b>181</b>
Recopilación de Datos	181
Clasificación de Edificios	181
Parámetros Urbanísticos	181
Estudio Estadístico	182
Clasificación de Habitabilidad	182
Aplicación en la Planificación Urbana	182
<b>2. Parámetros urbanísticos y constructivos de vulnerabilidad sísmica de un edificio.</b>	<b>183</b>
a. Irregularidad geométrica en planta	183
No Convexidad	183
Concentración de Esfuerzos	183
Rotación y Desplazamiento	183
Patrón Irregular del Movimiento del Terreno	183
Número de Áreas Entrantes	184
Ubicación de las Áreas Entrantes	184
b. Plantas triangulares	184
Direcciones de Acción No Paralelas	184



Distribución de la Rigidez y Resistencia	184
Falta de Simetría	185
Torsión y Momento Flector	185
Necesidad de Análisis Detallados	185
<b>c. Simetría edificatoria y sismorresistencia.</b>	<b>185</b>
Planta Geométricamente Simétrica	185
Distribución Simétrica de Masas	186
Rigidez Simétrica	186
Elasticidad e Inelasticidad Simétricas	186
<b>d. Las proporciones y dimensiones de las edificaciones</b>	<b>186</b>
Formas Rectangulares Regulares	186
Edificios Alargados	187
Deformaciones Torsionales	187
Mitigación de Irregularidades	187
Consideraciones de Diseño	187
Análisis Sísmico Detallado	187
<b>e. Irregularidad geométrica en alzado</b>	<b>188</b>
Voladizos	188
Base y Torre	188
Escalonamiento	188
Posición en la Manzana	188
Piso Blando y Débil	189
Variación en la Configuración de las Columnas	189
<b>f. Tipología edificatoria</b>	<b>190</b>
Residencia Colectiva	190
Bloque Abierto	190
Residencia Unifamiliar	190
<b>3. Caso Práctico: Parámetros urbanísticos que afectan a la vulnerabilidad de los edificios. Diseño y Vulnerabilidad en Urbanización</b>	<b>191</b>
<b>Capítulo 24. Mapas de riesgo sísmico.</b>	<b>194</b>
<b>1. ¿Qué son los mapas de riesgo sísmico?</b>	<b>194</b>
<b>2. Peligrosidad como vulnerabilidad sísmica en función de los distintos niveles de intensidad de un posible sismo.</b>	<b>195</b>
a. Peligrosidad sísmica	195
b. Vulnerabilidad sísmica	195
<b>3. Fuentes de información</b>	<b>196</b>
<b>4. Tipos estructurales definidos</b>	<b>196</b>
<b>5. Asignación de vulnerabilidad</b>	<b>197</b>
a. Edad del edificio	197
b. Localización del edificio	197
c. Matrices de distribución de la vulnerabilidad	197
<b>6. Mapas de vulnerabilidad sísmica</b>	<b>198</b>
a. Cartografías de vulnerabilidad sísmica mediante SIG	198
b. Estimación del daño mediante matrices de probabilidad de daño	198
<b>7. Resultados</b>	<b>198</b>
a. Vulnerabilidad de los edificios	198
b. Estimación del daño en los edificios	199
c. Municipios de más población e intensidad sísmica	199
<b>8. Caso Práctico: Mapas de riesgo sísmico. La Importancia de los Mapas de Riesgo Sísmico en una región con historial de actividad sísmica</b>	<b>199</b>
<b>Capítulo 25. Edificios Especiales en caso de riesgo sísmico.</b>	<b>202</b>
<b>1. Edificios Especiales en caso de riesgo sísmico.</b>	<b>202</b>
a. Hospitales, clínicas, ambulatorios y centros de salud	202



b. Escuelas, colegios, universidades y otros institutos educativos _____	202
c. Edificios gubernamentales o municipales relevantes _____	202
d. Estaciones de bomberos, de policía y cuarteles _____	203
e. Centros de asistencia primaria en caso de emergencia (Defensa Civil, Protección Civil, primeros auxilios, etc.) _____	203
f. Otras edificaciones _____	203
<b>2. Clasificación de las edificaciones según su importancia, uso y riesgo de fallo. _____</b>	<b>203</b>
a. Edificaciones de extraordinaria importancia o de seguridad crítica _____	203
b. Edificaciones esenciales, en riesgo o de importancia especial _____	204
c. Edificaciones convencionales o de importancia ordinaria _____	204
d. Edificaciones de importancia secundaria _____	204
<b>3. Consideración sísmica de un proyecto de construcción _____</b>	<b>205</b>
a. Conforme a la Norma Sísmica Española NCSE-02 _____	205
Método de cálculo _____	205
Clasificación de las construcciones _____	205
Densidad de ocupantes y factor de importancia _____	205
b. Conforme al Eurocódigo EC-08 _____	206
Principios y reglas _____	206
Estados límites _____	206
Factor de importancia _____	206
<b>4. Caso Práctico: Edificios Especiales en caso de riesgo sísmico. Gestión de Infraestructuras Críticas ante la Amenaza Sísmica en Región _____</b>	<b>207</b>
<b>5. Caso Práctico: Consideración sísmica de un proyecto de construcción. Diseño y Seguridad Sísmica del Complejo "Futura Segura" _____</b>	<b>208</b>
<b>6. Caso Práctico: Requisitos de resistencia sísmica para la construcción de edificios Especiales. Hospital. El Hospital y la Resistencia Sísmica _____</b>	<b>210</b>
<b>PARTE QUINTA _____</b>	<b>212</b>
<b>Cartografía catastral y urbanística. Sistema de Información Geográfica (SIG o GIS). _____</b>	<b>212</b>
<b>Capítulo 26. Análisis de riesgo sísmico usando la herramienta de Sistema de Información Geográfica (SIG). _____</b>	<b>212</b>
<b>1. Obtención y tratamiento de datos: SIG (sistema de información geográfica). _____</b>	<b>212</b>
<b>2. El modelado del riesgo sísmico utilizando un Sistema de Información Geográfica (SIG) _____</b>	<b>213</b>
Identificación de áreas de alta vulnerabilidad _____	213
Estimación de daño potencial _____	214
Cálculos de riesgo _____	214
Evaluación de medidas de mitigación _____	214
Comunicación de riesgos _____	214
<b>3. Cartografía. _____</b>	<b>214</b>
Identificación de edificios vulnerables _____	215
Evaluación de la vulnerabilidad _____	215
Riesgo municipal _____	215
Planificación de medidas de mitigación _____	215
Toma de decisiones informadas _____	215
<b>4. Tipología de edificios. _____</b>	<b>216</b>
Edificios de muros de carga _____	216
Edificios de hormigón armado _____	216
Edificios de acero _____	216
Edificios de madera _____	216
Edificios industriales y almacenes _____	216
Edificios de uso especial _____	217
Edificios históricos _____	217



<b>Capítulo 27. Sistema de Información Geográfica (SIG o GIS).</b>	<b>218</b>
1. ¿Qué es un SIG?	218
2. El SIG como base de datos con información geográfica.	219
3. Georreferenciación y digitalización de mapas.	220
4. Técnicas utilizadas en los sistemas de información geográfica.	221
Teledetección	221
Digitalización	221
Fotogrametría	221
GPS (Sistema de Posicionamiento Global)	221
LIDAR (Detección y Rango de Luz)	222
5. La representación de los datos.	222
Datos Raster	222
Datos Vectoriales	223
6. Introducir datos en un SIG almacenados en un formato digital.	223
Digitalización de mapas impresos o cartografía en película PET	223
Mediciones topográficas y GPS	223
Sensores remotos	224
Fotografías aéreas	224
Teleobservación por satélite	224
Datos de atributos	224
7. Caso práctico de Empleo de SIG para identificar las parcelas catastrales que atraviesa una línea de alta tensión.	225
8. Caso práctico El uso de SIG en la planificación del transporte, hidrológica o la gestión de infraestructura lineales.	226
9. Caso práctico. Automatizada y su papel en la Creación de Cartografía Digital	227
<b>Capítulo 28. Las infraestructuras de datos espaciales (IDE)</b>	<b>229</b>
1. ¿Qué son las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE)?	229
2. Más que mapas. datos, metadatos y servicios.	230
3. ¿Qué servicios ofrece una IDE?	232
Servicio de Mapas en la Web (WMS - Web Map Service)	232
Servicio de Fenómenos en la Web (WFS - Web Feature Service)	232
Servicio de Coberturas en Web (WCS - Web Coverage Service)	232
Servicio de Nomenclátor (Gazetteer)	232
Servicio de Catálogo (CSW - Catalogue Service for the Web)	232
Organización	233
4. La Norma ISO 19119 y la interoperabilidad de las IDE para compartir la información geográfica.	233
<b>PARTE SEXTA</b>	<b>235</b>
Casos prácticos del riesgo sísmico en la edificación y el urbanismo. Construcción sismorresistente y antisísmica.	235
<b>Capítulo 29. Casos prácticos del riesgo sísmico en la edificación y el urbanismo. Construcción sismorresistente y antisísmica.</b>	<b>235</b>
<b>Caso Práctico 1: RIESGO SÍSMICO EN LA EDIFICACIÓN Y EL URBANISMO - El Reto de la Urbanización en Áreas de Subducción</b>	<b>235</b>
Causa del problema	235
Soluciones propuestas	236
Revisión del Plan General de Ordenación Urbana (PGOU)	236
Implementación de un Código Sísmico de Construcción Local	236
Programa de Sensibilización Comunitaria	236



Creación de Mapas de Riesgo Sísmico _____	236
Consecuencias previstas _____	236
Resultados de las medidas adoptadas _____	236
<b>Caso Práctico 2: RIESGO SÍSMICO EN LA EDIFICACIÓN Y EL URBANISMO - Integración de Sistemas de Detección Sísmica Avanzados en la Planificación Urbana _____</b>	<b>238</b>
Causa del problema _____	238
Soluciones propuestas _____	238
Instalación de una Red de Sensores Sísmicos _____	238
Actualización de Infraestructuras Críticas _____	238
Mejora de los Protocolos de Respuesta a Emergencias _____	238
Programa de Subvenciones para Retrofitting de Edificios Antiguos _____	238
Consecuencias previstas _____	239
Resultados de las medidas adoptadas _____	239
Lecciones aprendidas _____	239
<b>Caso Práctico 3: RIESGO SÍSMICO EN LA EDIFICACIÓN Y EL URBANISMO - Estrategias de Mitigación en Zonas Económicamente Desfavorecidas _____</b>	<b>240</b>
Causa del problema _____	240
Soluciones propuestas _____	240
Implementación de Microseguros Sísmicos _____	240
Programas de Formación y Capacitación Comunitaria _____	240
Convenios con Universidades y ONGs _____	240
Fondos de Inversión Social y Crowdfunding _____	240
Consecuencias previstas _____	241
Resultados de las medidas adoptadas _____	241
Lecciones aprendidas _____	241
<b>Caso Práctico 4: RIESGO SÍSMICO EN LA EDIFICACIÓN Y EL URBANISMO - La Integración de Políticas Públicas en la Expansión Urbana Acelerada _____</b>	<b>242</b>
Causa del problema _____	242
Soluciones propuestas _____	242
Actualización de la Normativa de Construcción _____	242
Sistema de Incentivos para Construcciones Seguras _____	242
Planificación Urbana Participativa _____	242
Fondos para Investigación y Desarrollo _____	242
Consecuencias previstas _____	243
Resultados de las medidas adoptadas _____	243
Lecciones aprendidas _____	243
<b>Caso Práctico 5: RIESGO SÍSMICO EN LA EDIFICACIÓN Y EL URBANISMO - Respuesta y Recuperación Post-Sísmica en la Comunidad "Resiliencia" _____</b>	<b>244</b>
Causa del problema _____	244
Soluciones propuestas _____	244
Creación de un Plan de Emergencia Integral _____	244
Programa de Formación para Respuesta de Emergencia _____	244
Desarrollo de Infraestructura de Resiliencia _____	244
Fondo de Recuperación Económica _____	244
Consecuencias previstas _____	245
Resultados de las medidas adoptadas _____	245
Lecciones aprendidas _____	245
<b>Caso Práctico 6: RIESGO SÍSMICO EN LA EDIFICACIÓN Y EL URBANISMO - Integración de Tecnologías Avanzadas para la Mitigación del Riesgo Sísmico en la Ciudad _____</b>	<b>246</b>
Causa del problema _____	246
Soluciones propuestas _____	246
Implementación de un Sistema de Alerta Temprana Sísmica _____	246
Red de Monitoreo Sísmico Urbano _____	246
Aplicaciones Móviles de Alerta _____	246
Capacitación Comunitaria _____	246



Consecuencias previstas _____	247
Resultados de las medidas adoptadas _____	247
Lecciones aprendidas _____	247
<b>Caso Práctico 7: RIESGO SÍSMICO EN LA EDIFICACIÓN Y EL URBANISMO -</b>	
<b>Cooperación Transfronteriza para la Gestión de Riesgo Sísmico en la Región _____</b>	<b>248</b>
Causa del problema _____	248
Soluciones propuestas _____	248
Acuerdo de Cooperación Sísmica Multinacional _____	248
Ejercicios de Simulacro Conjuntos _____	248
Creación de un Centro de Coordinación Regional _____	248
Programas de Intercambio y Formación _____	248
Consecuencias previstas _____	249
Resultados de las medidas adoptadas _____	249
Lecciones aprendidas _____	249
<b>Caso Práctico 8: RIESGO SÍSMICO EN LA EDIFICACIÓN Y EL URBANISMO -</b>	
<b>Planificación Urbana para la Conservación del Patrimonio en Zonas Sísmicas _____</b>	<b>250</b>
Causa del problema _____	250
Soluciones propuestas _____	250
Diagnóstico Estructural Detallado _____	250
Restauración y Reforzamiento Sismorresistente _____	250
Planificación Urbana Sismorresistente _____	250
Campañas de Concientización _____	250
Consecuencias previstas _____	251
Resultados de las medidas adoptadas _____	251
Lecciones aprendidas _____	251
<b>Caso Práctico 9: RIESGO SÍSMICO EN LA EDIFICACIÓN Y EL URBANISMO -</b>	
<b>Integración de Sistemas de Alerta Temprana en la Respuesta de Emergencia _____</b>	<b>252</b>
Causa del problema _____	252
Soluciones propuestas _____	252
Implementación de EWS _____	252
Integración Tecnológica _____	252
Entrenamiento y Simulacros _____	252
Planes de Evacuación y Respuesta _____	252
Consecuencias previstas _____	253
Resultados de las medidas adoptadas _____	253
Lecciones aprendidas _____	253
<b>Caso Práctico 10: RIESGO SÍSMICO EN LA EDIFICACIÓN Y EL URBANISMO -</b>	
<b>Planificación de la Reconstrucción Post-Sísmica para la Sostenibilidad _____</b>	<b>254</b>
Causa del problema _____	254
Soluciones propuestas _____	254
Reconstrucción con Mejoras Sísmicas _____	254
Infraestructura Verde _____	254
Fomento de la Vivienda Sostenible _____	254
Capacitación y Empleo Local _____	254
Actualización Normativa _____	254
Consecuencias previstas _____	255
Resultados de las medidas adoptadas _____	255
Lecciones aprendidas _____	255
<b>Caso Práctico 11: RIESGO SÍSMICO EN LA EDIFICACIÓN Y EL URBANISMO -</b>	
<b>Implementación de una Nueva Legislación para la Sismorresistencia Urbana _____</b>	<b>256</b>
Causa del problema _____	256
Soluciones propuestas _____	256
Nueva Legislación Sísmica _____	256
Programas de Subsidio _____	256
Formación y Concientización _____	256
Inspecciones y Auditorías _____	256
Consecuencias previstas _____	257



Resultados de las medidas adoptadas _____	257
Lecciones aprendidas _____	257
<b>Caso Práctico 12: RIESGO SÍSMICO EN LA EDIFICACIÓN Y EL URBANISMO -</b>	
<b>Coordinación Post-Terremoto para la Reconstrucción _____</b>	<b>258</b>
Causa del problema _____	258
Soluciones propuestas _____	258
Creación de un Comité de Crisis _____	258
Plan de Reconstrucción Integral _____	258
Programa de Formación para Trabajadores _____	258
Auditoría de Daños y Necesidades _____	258
Consecuencias previstas _____	259
Resultados de las medidas adoptadas _____	259
Lecciones aprendidas _____	259
<b>Caso Práctico 13: RIESGO SÍSMICO EN LA EDIFICACIÓN Y EL URBANISMO -</b>	
<b>Implementación de un Sistema de Alerta Temprana ante Terremotos _____</b>	<b>260</b>
Causa del problema _____	260
Soluciones propuestas _____	260
Instalación de Sensores Sísmicos _____	260
Sistema de Alerta Pública _____	260
Formación y Simulacros _____	260
Integración con Servicios de Emergencia _____	260
Consecuencias previstas _____	261
Resultados de las medidas adoptadas _____	261
Lecciones aprendidas _____	261
<b>Caso Práctico 14: RIESGO SÍSMICO EN LA EDIFICACIÓN Y EL URBANISMO - Diseño</b>	
<b>de un Complejo Hospitalario Sismorresistente _____</b>	<b>262</b>
Causa del problema _____	262
Soluciones propuestas _____	262
Análisis de Riesgo Sísmico y Diseño Estructural _____	262
Selección de Materiales Innovadores _____	262
Sistemas de Aislamiento Sísmico _____	262
Entrenamiento y Equipamiento de Emergencia _____	262
Consecuencias previstas _____	263
Resultados de las medidas adoptadas _____	263
Lecciones aprendidas _____	263
<b>Caso Práctico 15: RIESGO SÍSMICO EN LA EDIFICACIÓN Y EL URBANISMO -</b>	
<b>Respuesta y Mitigación en Zona Urbana Post-Terremoto _____</b>	<b>264</b>
Causa del problema _____	264
Soluciones propuestas _____	264
Evaluación de Daños y Estabilización de Estructuras _____	264
Reubicación Temporal de Habitantes _____	264
Restauración de Infraestructura Esencial _____	264
Programas de Formación y Simulacros Post-Incidente _____	264
Consecuencias previstas _____	265
Resultados de las medidas adoptadas _____	265
Lecciones aprendidas _____	265
<b>Caso Práctico 16: RIESGO SÍSMICO EN LA EDIFICACIÓN Y EL URBANISMO -</b>	
<b>Reconstrucción y Mejora Post-Sísmica en Distrito Residencial _____</b>	<b>266</b>
Causa del problema _____	266
Soluciones propuestas _____	266
Actualización de Normativas de Construcción _____	266
Planificación de la Reconstrucción Urbana _____	266
Programas de Subvenciones y Financiación _____	266
Reforzamiento de Infraestructura Pública _____	266
Consecuencias previstas _____	267
Resultados de las medidas adoptadas _____	267
Lecciones aprendidas _____	267



<b>Caso Práctico 17: RIESGO SÍSMICO EN LA EDIFICACIÓN Y EL URBANISMO -</b>	
<b>Implementación de un Sistema de Alerta Temprana en Metrópolis</b>	<b>268</b>
Causa del problema	268
Soluciones propuestas	268
Desarrollo de un Sistema de Alerta Temprana Sísmica	268
Integración con Servicios de Emergencia	268
Campañas de Formación Pública	268
Consecuencias previstas	268
Resultados de las medidas adoptadas	269
Lecciones aprendidas	269
<b>Caso Práctico 18: RIESGO SÍSMICO EN LA EDIFICACIÓN Y EL URBANISMO -</b>	
<b>Reevaluación de Mapas de Riesgo Sísmico en la Planificación de "Costa Serena"</b>	<b>270</b>
Causa del problema	270
Soluciones propuestas	270
Actualización de Mapas de Riesgo Sísmico	270
Revisión de Normativas de Construcción	270
Planes de Evacuación y Emergencia	270
Consecuencias previstas	270
Resultados de las medidas adoptadas	271
Lecciones aprendidas	271
<b>Caso Práctico 19: RIESGO SÍSMICO EN LA EDIFICACIÓN Y EL URBANISMO -</b>	
<b>Intervención Antisísmica en el Complejo Histórico "Herencia del Pasado"</b>	<b>272</b>
Causa del problema	272
Soluciones propuestas	272
Diagnóstico Estructural Detallado	272
Restauración y Reforzamiento	272
Monitoreo Sísmico Continuo	272
Consecuencias previstas	272
Resultados de las medidas adoptadas	273
Lecciones aprendidas	273
<b>Caso Práctico 20: RIESGO SÍSMICO EN LA EDIFICACIÓN Y EL URBANISMO -</b>	
<b>Implementación de un Sistema de Respuesta Rápida en una ciudad</b>	<b>274</b>
Causa del problema	274
Soluciones propuestas	274
Desarrollo de un Protocolo de Respuesta Sísmica	274
Formación y Simulacros	274
Sistema de Evaluación de Daños en Tiempo Real	274
Consecuencias previstas	274
Resultados de las medidas adoptadas	275
Lecciones aprendidas	275
<b>Caso Práctico 21: RIESGO SÍSMICO EN LA EDIFICACIÓN Y EL URBANISMO -</b>	
<b>"Resurgir": Mejora Sostenible Post-Sísmica de Infraestructura Urbana</b>	<b>276</b>
Causa del problema	276
Soluciones propuestas	276
Plan de Reconstrucción Sostenible	276
Innovación en Materiales	276
Programas de Capacitación para Construcción Sostenible	276
Consecuencias previstas	276
Resultados de las medidas adoptadas	277
Lecciones aprendidas	277
<b>Caso Práctico 22: RIESGO SÍSMICO EN LA EDIFICACIÓN Y EL URBANISMO - Ciudad:</b>	
<b>Implementación de un Nuevo Código de Construcción Sísmica</b>	<b>278</b>
Causa del problema	278
Soluciones propuestas	278
Desarrollo de Nuevo Código	278
Auditorías de Infraestructura Existente	278



Programas de Subsidios _____	278
Consecuencias previstas _____	278
Resultados de las medidas adoptadas _____	279

**Caso Práctico 23: RIESGO SÍSMICO EN LA EDIFICACIÓN Y EL URBANISMO:**

<b>Integración de Conservación y Modernización Sísmica en el Sector Histórico</b> ____	<b>280</b>
Causa del problema _____	280
Soluciones propuestas _____	280
Comité de Conservación Sísmica _____	280
Tecnologías de Refuerzo Sísmico _____	280
Programa de Capacitación en Restauración _____	280
Consecuencias previstas _____	280
Resultados de las medidas adoptadas _____	281
Lecciones aprendidas _____	281

**Caso Práctico 24: RIESGO SÍSMICO EN LA EDIFICACIÓN Y EL URBANISMO -**

<b>"Renascor": Reconstrucción Sostenible y Resiliente Post-Terremoto</b> _____	<b>282</b>
Causa del problema _____	282
Soluciones propuestas _____	282
Evaluación de Daños y Reconstrucción Crítica _____	282
Fondo de Reconstrucción Sostenible _____	282
Planificación Urbana Resiliente _____	282
Consecuencias previstas _____	282
Resultados de las medidas adoptadas _____	283
Lecciones aprendidas _____	283

**Caso Práctico 25: RIESGO SÍSMICO EN LA EDIFICACIÓN Y EL URBANISMO -**

<b>"Viviendas Resilientes": Adaptación de la Vivienda Social a Estándares Sísmicos</b> _____	<b>284</b>
Causa del problema _____	284
Soluciones propuestas _____	284
Auditoría y Evaluación de Vulnerabilidades _____	284
Programa de Refuerzo Estructural _____	284
Formación de Residentes _____	284
Consecuencias previstas _____	284
Resultados de las medidas adoptadas _____	285
Lecciones aprendidas _____	285



## ¿QUÉ APRENDERÁ?



- Fundamentos de la sismología y cómo los movimientos sísmicos afectan las estructuras.
- Normativa vigente y estándares internacionales en diseño y construcción sismorresistente.
- Métodos de análisis y diseño estructural enfocados en la resistencia sísmica.
- Consideraciones para la selección del sitio y la importancia del estudio geotécnico.
- Estrategias para la implementación de sistemas constructivos antisísmicos en edificaciones nuevas.
- Técnicas de reforzamiento y adaptación para aumentar la resistencia sísmica en edificios existentes.
- Diseño y construcción de infraestructuras críticas con criterios de resiliencia sísmica.
- Uso de tecnologías innovadoras y materiales avanzados en la construcción antisísmica.
- Planificación urbana y gestión del riesgo sísmico en zonas propensas a terremotos.
- Elaboración y aplicación de mapas de riesgo sísmico para la toma de decisiones urbanísticas.
- Programas de prevención, preparación y respuesta ante emergencias sísmicas.
- Casos de estudio y lecciones aprendidas de terremotos pasados para mejorar la resiliencia futura.



## PRELIMINAR

*El riesgo sísmico en la edificación y el urbanismo en 14 preguntas y respuestas.*



### 1. ¿Qué es un terremoto y cómo ocurre?

**a. Los terremotos son una de las fuerzas más destructivas de la naturaleza.**