



UCAM

UNIVERSIDAD CATÓLICA
SAN ANTONIO

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

Departamento de Ciencias Politécnicas

INFLUENCIA DEL PLANEAMIENTO
URBANÍSTICO EN EL RIESGO SÍSMICO A
ESCALA URBANA

Autora:

Dña. Ana Belén Ayala García

Director:

Dr. D. Juan Roldán Ruiz

Murcia, mayo de 2017



UCAM

UNIVERSIDAD CATÓLICA
SAN ANTONIO

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

Departamento de Ciencias Politécnicas

INFLUENCIA DEL PLANEAMIENTO
URBANÍSTICO EN EL RIESGO SÍSMICO A
ESCALA URBANA

Autora:

Dña. Ana Belén Ayala García

Director:

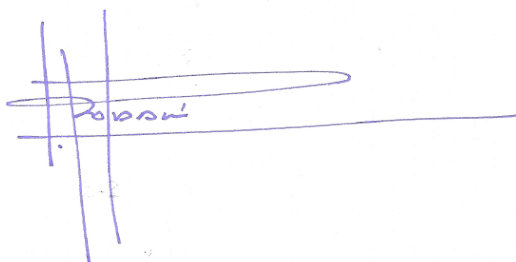
Dr. D. Juan Roldán Ruiz

Murcia, mayo de 2017

AUTORIZACIÓN DEL DIRECTOR DE LA TESIS PARA SU PRESENTACIÓN

El Dr. D. Juan Roldán Ruiz como Director ⁽¹⁾ de la Tesis Doctoral titulada “INFLUENCIA DEL PLANEAMIENTO URBANÍSTICO EN EL RIESGO SÍSMICO A ESCALA URBANA” realizada por Dña. Ana Belén Ayala García en el Departamento de Ciencias Politécnicas, **autoriza su presentación a trámite** dado que reúne las condiciones necesarias para su defensa.

Lo que firmo, para dar cumplimiento a los reales decretos 99/2011, 1393/2007, 56/2005 y 778/98, en Murcia a 31 mayo de 2017

A handwritten signature in blue ink, consisting of several vertical and horizontal strokes, with the name 'Roldán' partially legible in the center.

Dr. D. Juan Roldán Ruiz

Agradecimientos

La oportunidad que nos brinda la vida de expresar mi agradecimiento, a cada una de aquellas personas, que hacen posible la culminación y el alcance de las metas propuestas, es la mejor recompensa al esfuerzo y al trabajo realizado.

En primer lugar, quiero agradecer especialmente al Dr. D. Juan Roldán Ruiz, el hecho de que me iniciase en el estimulante mundo la investigación. Ha sido un verdadero placer trabajar con personas que combinan perfectamente el rigor y la exigencia de la academia, con la calidad humana que requiere la dura tarea de enseñar. La realización del trabajo ha sido posible gracias a su apoyo y a la orientación recibida en este tiempo. Por todo esto cuenta con mi eterno agradecimiento y mi más sincera admiración.

Agradezco, también de forma especial al Dr. D. Marcos Sarabia, por su disponibilidad y las expertas orientaciones, a la hora de la correcta redacción de tesis.

Al Dr. D. Manuel Sicilia llamas, por las interesantes discusiones sobre cómo plantear el tema de estudio de una tesis, así como su estimable ayuda para la elección del director de esta.

Del mismo modo, quiero dar mi más sincero gratitud a las siguientes instituciones y personas que contribuyeron a la culminación de esta tesis:

A la Universidad Católica San Antonio y a su personal administrativo, por su atención y colaboración con todas las tareas administrativas, en especial a D. Andrés Hernández Rodríguez y A D. Mariano Jiménez Asensio.

Al Profesor D. Pedro Monsalve, por su apoyo incondicional.

Finalmente, quiero agradecer a Ramón, Enzo y Ali por estar siempre a mi lado, y a mis padres Ana y Antonio, por todo vuestro cariño, confianza y apoyo que han brindado siempre, a mi cuñado Antonio y en especial mi hermana Alicia, que confió en este proyecto y me motivó con su fuerza y valentía a seguir adelante.

A todos, gracias. ¡Gracias por estar a mi lado!

A Enzo y Alicia

RESUMEN

La presente Tesis surge a raíz de los últimos movimientos sísmicos producidos en la Región de Murcia. La mayoría de estudios se centran en la peligrosidad sísmica y vulnerabilidad sísmica, dejando de lado otros aspectos como es el planeamiento urbanístico; ya que si entendemos, la peligrosidad sísmica como la probabilidad de suceso en una determinada acción sísmica se dé en una localización concreta del territorio con una cierta intensidad, duración y extensión, mientras que la vulnerabilidad sísmica se refiere a la acción sísmica sobre los edificios, instalaciones y servicios, etc., analizado antes de que se produzca el terremoto, por lo que un sismo puede ser de mayor o menor envergadura si se genera en una zona habitada y con edificaciones de poca o escasa calidad o bien, no causar daños si se produce en una zona deshabitada o con edificaciones de buena calidad. Ambos conceptos quedan englobados en el riesgo sísmico, pero a la vez se percibe una relación con el planeamiento urbanístico, puesto que elementos como los equipamientos, zonas verdes, densidad edificatoria, etc., vienen determinados por el planeamiento urbanístico.

En este trabajo se han expuesto, las metodologías que se utilizan para evaluar el riesgo sísmico, en sus diferentes componentes: peligrosidad y vulnerabilidad sísmica. Se ha profundizado en análisis de las metodologías empíricas, en modificadores de comportamiento, los cuales aumentan o disminuyen los índices básicos de vulnerabilidad en función de la tipología constructiva de los edificios.

Junto con, un análisis del Planeamiento Urbanístico, profundizando en la Normativa, nos ha permitido determinar cuáles son los parámetros, que son más condicionantes ante una amenaza sísmica.

Se ha propuesto un modelo de zonificación, el cual se basa en parámetros sencillos, estos se pueden obtener fácilmente, se trata de: pendiente del terreno (%), distancia a fallas activas (m), y tipo de terreno según la NSCE (2002). Obteniendo una representación tipo en tres dimensiones, con su correspondiente gradación de color, indicando los colores rojos intensos, las zonas que muestran mayor disposición a que las edificaciones, estructuras y construcciones, sufran mayores daños tras un evento sísmico y las verdes más intensas, son aquellas, que presentan menor predisposición a sufrir daños.

ABSTRACT

The present thesis arises from the last seismic movements that have occurred in the Region of Murcia. Most studies focus on seismic hazard and seismic vulnerability, leaving aside other aspects such as urban planning; Since if we understand seismic hazard as the probability that a given seismic action occurs at a point in the territory with a certain intensity, extension and duration, while seismic vulnerability refers to the impact of seismic action on buildings, Services, facilities, etc., analysed before the earthquake occurs, so that an earthquake can be of greater or smaller magnitude if it occurs in an inhabited area and with buildings of poor quality or, not cause damage if it occurs In a deserted area or with buildings of good quality. Both concepts are included in seismic risk, but at the same time a relationship with urban planning is perceived, since elements such as equipment, green areas, building density, etc., are determined by urban planning.

In this work, the methodologies that are used to evaluate the seismic risk in its different components: seismic hazard and vulnerability have been exposed. We have deepened the analysis of empirical methodologies, in behaviour modifiers, which increase or decrease the basic indexes of vulnerability depending on the constructive typology of the buildings.

Along with, an analysis of Urban Planning, going deeper into the Normative, has allowed us to determine which are the parameters, which are more conditional to a seismic threat.

It has been proposed a zoning model, which is based on simple parameters, these can be easily obtained, they are: slope of the terrain (%), distance to active faults (m), and type of terrain according to the NSCE (2002). Obtaining a type representation in three dimensions, with its corresponding gradation of color, indicating the intense red colours, the areas that show greater disposition to that the buildings, structures and constructions, suffer greater damages after a seismic event and the green ones more intense, are Those who are less likely to suffer damage.

ÍNDICE

	Página
INTRODUCCIÓN	
1. INTRODUCCIÓN	17
1.1. Motivación	17
1.2. Iniciativas de análisis de riesgo	18
1.2.1. Acciones internacionales	19
1.2.2. Acciones en España	25
1.3. Objetivos de la Tesis	30
ESTADO DE LA CUESTIÓN	
2. RIESGOS EN ZONAS URBANAS	31
2.1. Introducción	31
2.2. La ciudad y lo urbano	31
2.2.1. Características de lo urbano	33
2.2.2. Estructuras urbanas	34
2.2.3. Consideraciones sobre la ciudad	36
2.2.4. Lo urbano y lo rural reflexiones sobre una relación reciproca	37
2.3. Riesgo urbano o riesgo en espacios urbanos	40
2.3.1. La construcción del concepto de riesgo	40
2.3.2. Como se manifiesta el riesgo en lo urbano y la ciudad	41
2.4. El concepto de riesgo urbano	43
2.4.1. Características relevantes	43
2.5. Las tendencias del riesgo en espacios urbanos	47
2.5.1. Tendencias en el aumento del riesgo en espacios urbanos	48
2.5.2. Posibilidades de generar y reforzar la resiliencia frente al incremento del riesgo	51
2.6. Una posible estrategia	51
3. LA FORMA URBANA	55
3.1. Introducción	53
3.2. Las formas urbanas	56
3.2.1. Análisis de las urbanas	56
3.2.2. Estudios de morfología urbana desde diferentes escuelas	57
3.2.3. Morfología y estructuras urbanas desde distintas disciplinas	58
3.3. Morfología de las geometrías urbanas	61
3.4. Morfología de las estructuras urbanas	64
3.5. Textura urbana	66
3.6. Morfología y variables naturales, socioeconómicos, culturales y desastres naturales	67

3.6.1. La forma urbana y el aspecto natural	68
3.6.2. La morfología y su relación con el aspecto socio-económico	69
3.6.3. La morfología con el aspecto cultural	70
3.7 Relación de la Morfología y los desastres naturales	74
3.8 El valor de los espacios abiertos	75
3.8.1 Espacios abiertos ocupados de acuerdo con el uso efectivo	75
3.8.2 Espacios abiertos ocupados según el tipo de suceso	76
3.8.3 Espacios abiertos ocupados y el sistema urbano	77
3.8.4 Espacios abiertos ocupados y tiempos de permanencia	74
3.8.5 Espacios abiertos, diseño urbano y contenido de resiliencia	80
4. EL RIESGO SÍSMICO Y SU RELACIÓN CON LO URBANO	89
4.1. Riesgo sísmico	89
4.1.1. La intensidad macrosísmica	91
4.1.2. La vulnerabilidad	93
4.1.3. El Daño	94
4.1.4. Concepto de peligrosidad sísmica	100
4.2. Metodologías para modelar el riesgo sísmico	101
4.3. Metodologías del índice de vulnerabilidad	103
4.3.1. Perspectiva general	104
4.3.2. Tipos de funciones de daño e índices de vulnerabilidad	104
4.3.3. Normas de práctica del método	111
4.4. Sistemas de información geográfica (SIG)	112
4.4.1. Noción	112
4.4.2. Metodología utilizadas y aplicación	113
5. VULNERABILIDAD SÍSMICA. FACTORES RELEVANTES	115
5.1. Introducción	115
5.2. Aspectos generales de la vulnerabilidad sísmica	115
5.2.1. La vulnerabilidad de edificios	116
5.3. Metodología de evaluación de la vulnerabilidad sísmica en estructuras	117
5.3.1. Clasificación de Corsanego y Petrini	118
5.3.2. Clasificación según Dolce et al	121
5.3.3. Clasificación según Calviet	124
5.4. Los métodos Empíricos/Estadísticos	124
5.4.1. Método del índice de vulnerabilidad	126
5.4.2. Metodología de las curvas continuas de vulnerabilidad	128
5.4.3. Método de selección	129
5.5. Los métodos analíticos / mecánicos e híbridos	130
5.5.1. Metodología basada en el espectro de capacidad	134

5.5.2. Método basado en el desplazamiento	135
5.6. Análisis	137
INVESTIGACIÓN Y RESULTADOS	
6. PLAN DE INVESTIGACIÓN: DESCRIPCIÓN Y PROCESO	139
6.1 Introducción	139
6.2 Antecedentes o estado del tema	140
6.3 Problema. Interés y justificación de la investigación	140
6.4 Objetivos que se persiguen	141
6.5 Metodología y plan de trabajo previsto	142
6.6 Viabilidad	143
6.7 Aporte original que supondría en el campo científico correspondiente e intestes del proyecto	144
7. PLANEAMIENTO URBANÍSTICO Y SU RELACIÓN CON EL RIESGO SÍSMICO	145
7.1. Introducción	145
7.2. Que se entiende por planificación urbanística o planeamiento urbano	147
7.3. Aspectos generales del planeamiento urbanístico	148
7.3.1 Planeamiento urbanístico	148
7.3.2 Sistemas de ordenación	150
7.4 Parámetros urbanísticos: Definiciones	151
7.5. Selección de factores de la peligrosidad sísmica que influyen en el planeamiento urbanístico	155
7.5.1 Sismicidad histórica	157
7.5.2 Efecto de sitio	161
7.5.3 Efecto litológico	161
7.5.3.1 Clasificación del terreno según NCSE-02	163
7.5.3.2 Clasificación del terreno según el EC-8	163
7.5.4 Efecto topografía	165
7.6. Selección de factores de vulnerabilidad que influyen en el planeamiento urbanístico	174
7.6.1 Características estructurales	174
7.6.2 Características de carácter geométrico	187
7.6.3 Irregularidad vertical desde el punto de vista geométrico en alzado	195
7.6.4 Perfil urbano	199
7.7 Tablas resumen de relación entre parámetros urbanísticos y la peligrosidad	206
7.8 Tablas resumen de relación entre parámetros urbanísticos y la	207

peligrosidad	
7.9 método de zonificación propuesto	209
8 DISCUSIÓN Y RESULTADOS	269
8.1 Introducción	269
8.2. Método	270
8.3 Resultados	272
8.4 Análisis crítico	273
8.5 Líneas futuras	274
9 CONCLUSIONES	277
9.1 Introducción	277
9.2 decálogo de Conclusiones	278
9.2.1 Alcance del análisis de los objetivos	278
9.2.2 Estrategias a seguir. Recomendaciones	286
9.3 Síntesis final	288
BIBLIOGRAFÍA	289
ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS	303
CONCEPTOS BÁSICOS	311

1. INTRODUCCIÓN

1.1. MOTIVACIÓN

Las consecuencias de los seísmos en la vida cotidiana, bienes e infraestructuras están asociados al modo de construir, al desarrollo de las ciudades y por la predisposición de los elementos físicos, humanos, sociales, ambientales, etc. Al ser afectados por la ocurrencia de un sismo, es decir, a la vulnerabilidad frente a una amenaza sísmica. Esto da lugar a una serie de escenarios de riesgo a distintas escalas, local, regional y nacional. Por ello los desastres surgen como resultado de la materialización del riesgo, cuando una población presenta una inadecuada relación con el entorno que le rodea y ocupa.

Una de las posibles definiciones de riesgo sísmico es la probabilidad de pérdidas sociales, materiales, culturales, económicas y de vidas humanas, por la aparición de un fenómeno sísmico en un lugar y tiempo específico, con una magnitud e intensidad determinada, que afectan a elementos físicos, materiales y ambientales, así como aquellos que se pueden calificar como intangibles, es decir, sociales, económicos, culturales, estos últimos son la base del riesgo.

Por ello la valoración del riesgo es lo primero que hay que hacer para su minoración, gestión y prevención. El objetivo esencial de esta tesis está orientado a evaluar la influencia del planeamiento urbanístico en el riesgo sísmico en zonas urbanas, en las cuales el peligro sísmico oscila entre moderado y medio.

La evaluación de riesgos, es un trabajo en la cual intervienen diferentes disciplinas en la que es preciso tener en cuenta un elevado número de factores que afectan a múltiples ramas de la ciencia, tecnología, sociología, gestión, economía. La evaluación del riesgo en zonas urbanas es bastante compleja, puesto que en ellas reside la mayor parte de la población y se desarrollan un gran número de actividades y servicios. El fallo o interrupción de estos, causa daños añadidos a los ligados al fenómeno natural.

En la última década diversos seísmos han determinado la importancia que tiene el comportamiento de las edificaciones y la morfología la ciudad en relación a los datos de pérdidas económicas y vidas humanas. Ejemplos de esto son los seísmos ocurridos en

mayo de 2008 en Sichuan oriental, China, al menos 69.195 personas muertas, 374.177 heridos y 18.392 desaparecidos, se estimó que al menos 5,37 millones de edificios se derrumbaron y en torno a 21 millones fueron dañados en Sichuan y algunas zonas de Gansu, Chongqing, Shaanxi, Hubei, y Yunnan. Beichuan, Dujiangyan, Wuolong y Yingxiu fueron casi completamente destruidos. Al menos 2.473 presas sufrieron algunos daños y más de 53.000 km de carreteras y 48.000 kilómetros de tuberías de agua potable fueron dañados. Las pérdidas económicas totales se estimaron en 86 mil millones de dólares.

En enero de 2010 en Haití, con más de 316.000 personas muertas, 300.000 heridos, 1.3 millones de desplazados. 97.294 edificaciones destruidas y 188.383 dañadas en el área de Port-au-Prince y además gran parte del sur de Haití. El montante de pérdidas económicas se estimó en 8.000 millones de dólares. En marzo de 2011 en Japón al menos 15.550 personas muertas, 5.344 desaparecidos, 5.314 heridos, 130.927 desplazados y al menos 332.395 edificios, 2.126 carreteras, 56 puentes y 26 vías férreas destruidas o dañadas por el terremoto y el tsunami a lo largo de toda la costa este de Honshu de Chiba a Aomori. El total de pérdidas económicas en Japón se estimó en 309, 000, 000,000\$. Electricidad, gas y el agua, las telecomunicaciones y el servicio de trenes fueron interrumpidos y varios reactores gravemente dañados en una planta de energía nuclear.

Por otro lado, la mitad de las ciudades importantes del mundo, tienen una población por encima de los 5 millones de residentes, encontrándose en áreas de con un grado de peligrosidad sísmica elevado. Por ello es necesario reducir el riesgo sísmico, para ello es necesario un buen diseño sísmico de los entornos urbanos, de las nuevas edificaciones, así como de los elementos urbanos, además deben de proponer acciones preventivas para las edificaciones existentes.

1.2. INICIATIVAS DE ANÁLISIS DE RIESGO

Los últimos años del siglo XX se produjeron un gran número de eventos catastróficos desde el punto de vista sísmico. Por ello se empezó a tomar conciencia de la importancia y de su poder de destrucción. El incremento de la población y la construcción de edificios sin el uso de normativas sísmicas, dio lugar a un aumento del impacto de los seísmos. Comenzaron a aparecer distintas iniciativas con el fin de prevenir o mitigar el daño sísmico en las grandes urbes, aunque la mayoría de ellas no

estaban relacionadas directamente con la ordenación del territorio o parámetros urbanísticos, sino principalmente con las edificaciones en sí.

Comentaremos a continuación algunos proyectos que se realizaron en el entorno internacional, por otro lado, en 1995, fue publicada en España la Directriz Básica de Protección Civil frente a seísmos, lo que obligo a las Autonomías y ciudades de España a realizar valoraciones del riesgo sísmico, y la creación de planes de emergencia frente amenazas sísmicas.

1.2.1. Iniciativas internacionales

Durante la década de los 80s surgió la (ATC-13,1985), Appied Technology council (ATC) la cual expuso un método de análisis de riesgo, bajo el control de la Federal Emergency Management Agency (FEMA), hay que nombrar cinco proyectos de nivel internacional que destacan por encima del resto, como es el caso de RADIUS, su objetivo principal era la evaluación de riesgo sísmico de distintas ciudades del mundo, para tal estudio, se utilizó en un SIG¹. Otro de ellos es el conocido como programa HAZUS, del que se desprende una herramienta para analizar y cuantificar, los riesgos naturales, siendo el sísmico uno de ellos, por otro lado, nos encontramos con los proyectos de iniciativa europea SERGISAI y RISK- UE, aunque la última apuesta es DESURBS (Designing Safer Urban Spaces). Proyecto de Espacios Urbanos Seguros - es un proyecto de investigación multidisciplinar, financiado a través del Programa de Investigación del 7PM de la Unión Europea.

En este desarrollan una serie de herramientas, accesibles a través de un portal interactivo, que ayuda a los actores urbanos a planificar, diseñar, gestionar y mantener los espacios urbanos más seguros.

ATC

El consejo de tecnología aplicada o ATC fue una de las primeras iniciativas, que se crearon es un organismo surgido sin ánimo de lucro, este se encuentra en California, donde tiene su sede central y su función principal es la de asesorar y dar apoyo a profesionales de la rama técnica en el entorno de la arquitectura y la ingeniería.

¹ Geographic Information Systems (GIS) o Sistema de información Geografica (SIG)

A petición de La FEMA, Agencia federal encargada de la gestión de emergencia, realizaron varios informes de entre los que hay que destacar, el informe ATC-13, 2 "Earthquake Damage Evaluation data for California" este es parte del proyecto que se utiliza en California para la evaluación de daños en terremotos. Otro informe a destacar es el ATC- 25 "Seismic Vulnerability and Impact of Disrupción of Lifelines in the Conterminous United State" el cual está encargado del análisis de daño e interrupción de las líneas vitales ocasionados por un sismo. Dichos informes muestran un método el cual que permite evaluar, de modo rápida y eficaz, el daño que se estima en las infraestructuras vitales. Los primeros datos e informes se obtuvieron utilizando a california como punto de partida, pero el segundo ya es de aplicación a cualquier región de los Estados Unidos, estos son un referente en este tema.

RADIUS

RADIUS² (Okazaki y RADIUS, 2000; RADIUS, 2000) como se ha mencionado con anterioridad surgió de la International Decade for Natural Disaster Reduction (IDNDR) y desarrollándose a finales del siglo XX y estuvo bajo la observación de Naciones Unidas, en el periodo de tiempo que van desde 1997 a 1999. Su principal objetivo era fomentar acciones que disminuyeran el riesgo sísmico en áreas urbanas, poniendo una atención especial en países en vías de desarrollo. Este proyecto se focalizo en nueve ciudades sensibles a sismos, deslizamientos de tierras y tsunamis, estando estas repartidas por todos los continentes. Esta iniciativa tenía como objetivos concretos:

- Evaluar el daño sísmico utilizando escenarios, junto con la gestión del riesgo mediante planes en las ciudades seleccionadas.
- General un práctico manual de valoración del riesgo sísmico en zonas urbanas.
- Crear una base de datos y conocimientos acerca del riesgo sísmico en las áreas donde se aplicó el proyecto.
- Generar una vía de intercambio de información, con el fin de mitigar el riesgo sísmico en las ciudades.

Los datos que surgen de este proyecto aportaran a las comunidades, las asociaciones no vinculadas con los gobiernos, organizaciones y los habitantes a comprender la vulnerabilidad de la zona en la cual desarrollan su vida diaria, decidir cómo comportarse en caso de sismo; y colaborar en la redacción de planes de prevención de los desastres.

² Risk Assessment tools for Diagnosis of Urban areas against Seismic Disaster.

En algunas ciudades se realizó un estudio auxiliar, como es el caso de las siguientes ciudades:), Bandung (Indonesia), Skoplie (Ex República Yugoslava de Macedonia), Esmirna (Turquía) y Antofagasta (Chile). Mientras que se realizó un estudio completo con otras ciudades: Guayaquil (Ecuador), Tijuana (México), Addis Abeba (Etiopía), Tashkent (Uzbekistán), y Zigong (China).

En la iniciativa RADIUS se utilizó como herramienta de evaluación y categorización lo expuesto ATC-13, cuyo desarrollo se obtuvo a partir de la opinión de los expertos, con el fin de construir matrices de probabilidad de daño en distintas estructuras. Así como en el ATC-13 las estructuras están clasificadas a partir las características y propiedades desde el punto de vista de la ingeniería sísmica, siendo esta en 78 clases

(40 clases son las edificaciones; y el resto de clases se reparte en otro tipo de estructura tales como presas, puentes, túneles, tanques, ferrocarriles, tuberías, torres, grúas, carreteras, otras estructuras). En la ATC-13 también se catalogaron las estructuras en función su utilidad social en 35 clases o tipos diferentes, encontrándose las funciones: recursos mineros(1), industrial (8), comercial(7), agrícola(1), residencial(3), comunicación –radio y tv- (1) control de inundaciones (1), minería (1), administrativo(2), , transporte (4), educación (1), servicios públicos (5), religiosa (1), sin ánimo de lucro (1) (ATC-13, 1985).

HAZUS

HAZUS³ (FEMA/NIBS, 1999), es un proyecto desarrollado por la Federal Emergency Management Agency (FEMA), y el apoyo del National Institute of Buildings Sciences, NIBS (NIBS, 2000), otro programa es el EQRM (Robinson et al, 2006) y SELENA (Molina et al, 2010). Este programa es de aplicación en los Estados Unidos, su finalidad es la valoración de pérdidas acaecidas por fenómenos naturales como son: sismos, inundaciones, tornados, huracanes, tormentas con gran oleaje en el litoral, tormentas violentas, tormentas con gran carga eléctrica, granizo y truenos.

Su finalidad es que las pérdidas calculadas por HAZUS las utilicen organismos oficiales, autonómicos, locales y a nivel estatal, para que poder planificar y mitigar las pérdidas antes la ocurrencia de un riesgo natural y estar preparados para una respuesta de emergencia y recuperación.

³ HAZUS. Multihazard Loss Estimation Methodology.

HAZUS cuenta con una serie de elementos como son: riesgos potenciales del terreno, inventario de elementos expuestos al riesgo, daños físicos inducidos, daños físicos directos, pérdidas directas e indirectas, sociales, de carácter económico. El grado en la estimación esta, por tanto, directamente relacionado con la exactitud y la veracidad de los datos utilizables. La metodología la encontramos expuesta en el manual técnico, y permite ser implementada en un ordenador con un Sistema de Información Geográfica (MapInfo en todas sus versiones, ArcView o ArcGis, ArcMap).

La metodología de HAZUS se ha podido ratificar con un conjunto de eventos sísmicos acaecidos en el pasado y contrastados por eruditos en la materia, pero, del mismo modo, que el resto de sistemáticas si queremos obtener datos fiables, tenemos que evitar en lo posible una serie de incertidumbres, por el conocimiento limitado que aún se tienen de los conocimientos científicos sobre seísmos y por la simplificación y aproximaciones que realizan en su análisis.

HAZUS a día de hoy posee una serie de App en Estados Unidos, desarrollándose y comercializándose por FEMA, el cual estima las posibles pérdidas en edificios e infraestructura ocasionadas por los seísmos, tornados, las inundaciones, y tormentas de nieve, llamado HAZUS@MH (NIBS, 2017; FEMA, 2017; HAZUS, 2017).

SERGISAI

En el continente europeo hay un proyecto similar, SERGISAI⁴; creó un método de evaluación del riesgo sísmico con apoyo de un SIG (Sistema de Información Geográfica) y técnicas de IA (inteligencia artificial). El método que se utilizó para la creación de escenarios de riesgo a diferentes escalas: regional, subregional y local, teniendo en cuenta aspectos sociales, físicos y humanos. Los estudios a nivel regional y local se realizaron en con datos de aceleración máxima del suelo para las zonas de Italia, la Garfagnana y la Toscana.

El estudio a nivel local se hizo en la ciudad de Barcelona, para el que se empleó el método italiano del índice de vulnerabilidad expuesto por (Benedetti y Petrini, 1984), en las edificaciones residenciales de mampostería no reforzada y hormigón armado del Eixample.

⁴ SERGISAI; Evaluación de los riesgos sísmicos con uso integrado de un SIG e Inteligencia artificial o lo que es lo mismo.

Así mismo, cuando ya están gradados los edificios por medio del uso del índice de vulnerabilidad, con expresiones empíricas de vulnerabilidad-daño, se generan distintos escenarios de daño con diferentes niveles aceleración sísmica e intensidad.

RISK-UE

Risk-UE⁵ (Risk-UE, 2003; Mouroux et al.,2004) otro proyecto con similares características a al anterior proyecto contaba con el objetivo principal de exponer métodos avanzados de análisis de riesgo sísmico los cuales permitirían introducir las características de las construcciones, sociedades urbanas típicas del continente europeo y el patrimonio cultural. Risk-UE aplica a la vez que desarrolla sistemáticas avanzadas en el estudio de la amenaza sísmica, del riesgo sísmico y la vulnerabilidad en distintas zonas a escala urbana en ciudades europeas. Está centrado en los edificios de hoy día, en edificios de carácter histórico, en las líneas vitales y en el funcionamiento de la sociedad, es decir, el sistema urbano. El estudio implicó a autoridades municipales responsables en materia de protección civil y gestión del riesgo y se aplicó a siete ciudades de Europa: Niza, Tesalónica, Sofía, Catania, Bitola, Bucarest, Barcelona

La organización proyecto estaba organizada en paquetes de trabajo o workpackages (WP):

Los módulos WP8 al WP14, ambos incluidos, se ocuparon de la aplicación de las sistemáticas propuestas a 7 ciudades de Europa.

- WP1: Características propias de ciudades de Europa. Sistema de Información Geográfica (GIS), base de datos, inventario y tipos de los edificios.
- WP2: Se encarga de la peligrosidad sísmica.
- WP3: Análisis de la Exposición del Sistema Urbano (USE).
- WP4: Se encarga de vulnerabilidad de los edificios de construcción reciente.
- WP5: Análisis de la vulnerabilidad de los centros históricos de las ciudades, de los monumentos y edificios antiguos, es decir patrimonio histórico.
- WP6: Análisis de vulnerabilidad en estructuras esenciales y líneas vitales.
- WP7: Escenarios de riesgo sísmico.
-

⁵The Risk-UE: An advanced approach to earthquake RISK scenarios with applications to different European towns.

Todas estas metodologías están pensadas para la evaluación de vulnerabilidad de cada construcción, edificación o conjunto de edificios similares considerando estos como aislados. De igual forma que el proyecto RISK-UE también puede asignar un índice de vulnerabilidad a conjuntos de edificios cuya disposición sólo se conoce a través de un modo estadístico, este caso se utiliza en ciudades, las cuales la información sobre las propiedades de los distintos tipos de los edificios individuales es nula o casi nula, dando una distribución integral de edificios estableciendo diferentes categorías cuya evaluación estadística es posible de estimar a partir de muestreos en áreas con suficiente representatividad en la ciudad.

En esta tesis se pretende analizar las distintas metodologías y procedimientos existentes, para poder caracterizar y establecer una zonación urbana acompañada con aquellos parámetros urbanísticos (que están regulados en las Normas Urbanísticas de un Plan general de Ordenación Urbana) que van a condicionar que las ciudades sean en mayor o menor grado seguras desde el punto de vista sísmico.

CAPRA

Junto con los anteriores el proyecto CAPRA, Comprehensive Approach for Probabilistic Risk Assessment, de Evaluación Probabilista de Riesgo se trata una plataforma de información para la toma de decisiones en la gestión del riesgo frente a desastres naturales. Liderado por CEPREDENAC⁶ y en cooperación con las diferentes instituciones a nivel de gobierno de la región de América Central, la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (EIRD), CAPRA es desarrollado con el apoyo consorcio Evaluación de Riesgos Naturales América Latina, ERN-AL, (CAPRA, 2010).

El proyecto CAPRA, también han desarrollado un conjunto módulos de software para calcular y definir las amenazas naturales, la exposición, la vulnerabilidad y el riesgo en áreas urbanas. Estos módulos forman parte un sistema integral de modelado probabilista de riesgos naturales, dirigido a la gestión del riesgo de desastre con el uso de fórmulas teóricas modernas, que expresan el estado del arte de los modelos en cuanto a fenómenos naturales recurrentes.

⁶ Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales de América Central es un organismo a nivel regional de carácter intergubernamental, ligado al Sistema de Integración Centro Americano – SICA-.

En CAPRA es posible hacer un análisis probabilístico del riesgo: tanto sísmico como el de otras amenazas naturales (como huracanes, tsunamis, inundaciones, volcanes y deslizamientos) a las están expuestas las áreas urbanas.

DESURBS (Designing Safer Urban Spaces).

DESURBS comenzó el 1 de enero de 2011.

DESURBS ha hecho importantes avances en la creación de espacios urbanos más seguros a través de los siguientes hechos:

1. Una base de datos de casos de seguridad del espacio urbano, que incluye los desastres y los «conatos de accidente» que resultaron en lesiones o pérdida de vidas, los daños a los espacios urbanos o del medio ambiente natural que lo rodea.

2. Una seguridad y resistencia (ISR) marco de diseño integrado que involucre a los actores locales para identificar las vulnerabilidades y mejorar los espacios urbanos con respecto a las amenazas de seguridad y los peligros.

3. Herramientas de apoyo integral y genérico, incluidas las directrices urbanas diseño resistente y de riesgos y sistemáticas de evaluación de la vulnerabilidad para facilitar el proceso de evaluación cualitativa ISR.

4. Una decisión basada en la web Portal de Soporte al Sistema de integración de los resultados del proyecto y que incluye la visualización a medida y herramientas de mapeo para ayudar a los usuarios finales comprender mejor las vulnerabilidades y posibilidades de diseño para la mejora de la seguridad y la protección de las zonas urbanas.

1.2.2. Iniciativas en España

En nuestro país la prevención y la gestión de catástrofes en materia de fenómenos sísmicos está regulado por ley 17/2015, de 9 de julio, del Sistema Nacional de Protección, de Protección Civil (BOE, 09/06/15), como complemento a esta, encontramos la Norma básica del Real Decreto 407/1992, de 24 de abril, el real decreto 1378/1985, de 1 de agosto, acerca de las medidas provisionales a tomar en situaciones de emergencia en los casos riesgo grave, calamidad o catástrofe pública, el real decreto 393/2007, de 23 de marzo, aprueba la norma básica en cuanto a la autoprotección de los , centros y dependencias, establecimientos dedicados a actividades que puedan dar origen a situaciones de emergencia, el Real decreto 1468/2008, de 5 de septiembre, por cual modifica el Real decreto 393/2007, de 23 de marzo, y la anterior Ley de 2/1980, de 21 de enero sobre protección Civil , junto a estas también se encuentran, la Directriz

Básica de Planificación de Protección Civil frente al Riesgo Sísmico, por Resolución de 5 de mayo de 1995. Modificada e 16 julio de 2004 en Acuerdo del Consejo de Ministros. Posteriormente se aprobó el Plan Estatal de Protección civil ante el Riesgo Sísmico el 29 de marzo de 2010.

La Directriz Básica ha servido para desarrollar estudios de riesgo sísmico en España. Los análisis y estudios de riesgo desarrollados con técnicas GIS, son escasos, ya que nos encontramos en un país en el cual el peligro sísmico, presenta un carácter moderado en la mayor parte del territorio, solo encontramos un mayor desarrollo en las zonas donde el peligro sísmico es mayor, como son las zonas de Andalucía y Levante. Aunque, la Península Ibérica ha sufrido grandes sismos a lo largo de su historia ocasionados el movimiento diferencial de las Placas Tectónicas Africana y Euroasiática.

Uno de los estudios pioneros en cuanto a riesgos naturales usando un GIS, es el que se realizó en el Pirineo Aragonés por el Instituto Tecnológico Geominero de España (ITGME), con el apoyo la Diputación General de Aragón, además de la colaboración de EPTISA. Todos los datos recopilados se integraron en un GIS para crear el Mapa de Aptitud a la Construcción (Alafont y Ortiz, 1999). Unos años más tarde, en 1997, el Instituto Geográfico Nacional (IGN) efectuó un estudio de microzonificación sísmica en la ciudad de Granada y alrededores, el cual integraba con el uso de un GIS diversa información, relacionada con la licuefacción, inclinación del terreno, el diseño sísmico de edificios (Pascual y Carreño, 1999). El plan de emergencia SÍSMICA de CATaluña, (SISMICAT⁶, 2003), el programa Simulación de Escenarios Sísmicos (SES 2002) así como los estudios a nivel específico en la ciudad de Barcelona. En los últimos años, se han realizado los Estudios RISMUR (Riesgo Sísmico en la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, Benito et al. 2006), financiado por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) junto con la Dirección General de Protección Civil de la Comunidad de Murcia, y SISMIMUR (Plan Especial de Protección Civil ante el Riesgo Sísmico en la Región de Murcia, 2006), financiado por la Consejería de Presidencia, Dirección General de Protección Civil del Gobierno de Murcia.

⁶ SISMICAT: Plan especial de emergencias sísmicas de Cataluña.

La Dirección General de Protección Civil de España, una de sus competencias es la de facilitar herramientas para la evaluación de riesgos, y promover la protección de la población, a nivel nacional, el IGN (Instituto Geográfico Nacional) se ha ocupado y se ocupa de la vigilancia sísmica y del análisis del peligro sísmico en España.

A continuación, se analizan y revisan ampliamente varias iniciativas que han dado impulso a los estudios de riesgo sísmico en España.:

- Simulación De Escenarios Sísmicos. (SES 2002).
- Iniciativas RISMUR Y SISMIMUR (CARM).
- Plan de Emergencia Sísmica de Cataluña (SISMICAT).

Simulación de Escenarios Sísmicos (SES 2002)

Para facilitar a los servicios de protección civil de los municipios una herramienta que permita evaluar riesgo sísmico, establecido en la Directriz Básica, la Dirección General de Protección Civil, con el apoyo del Instituto Geográfico Nacional, creó un programa informático para el desarrollo de escenarios sísmicos en España. Es llamada Simulación de Escenarios Sísmicos (SES2002, 2002), contiene una extensa base de datos de edificios y la población de los municipios de España. Realiza una estimación rápida de los daños provocados por terremotos simulados o reales. Para cada municipio y terremoto se obtienen estimaciones de la distribución de la intensidad sísmica, daños a la población (número de muertos, heridos y personas sin hogar), y daños a las viviendas, con diferentes grados de daño.

Plan de Emergencia Sísmica de Cataluña (SISMICAT)

Se trata de uno de los estudios de riesgo sísmico realizados en Cataluña, estos exponen que, a pesar de localizarse en un área considerada como de sismicidad de baja a moderada, Sus edificios presenta una vulnerabilidad alta, de tal modo, que el daño esperado como consecuencia de una acción sísmica es bastante alto inclusive para terremotos de baja intensidad. Estos estudios están enmarcados dentro del plan especial de emergencia SÍSMICA de CATaluña, SISMICAT (DOGC, 2003; SISMICAT, 2003), uno de los principales objetivos de este consiste en dar una respuesta, rápida y eficaz, encaminada a reducir al máximo los daños a las personas, bienes y medioambiente, y a restablecer los servicios básicos para la población en el menor tiempo posible.

Sus creadores utilizaron técnicas GIS para generar escenarios de riesgo sísmico para Cataluña a distintos niveles, local, provincial y autonómico. Para evaluar la vulnerabilidad de los edificios de viviendas y los especiales de Cataluña, se usaron

datos de altura, edad y la opinión de los expertos, dando lugar a una clasificación simple a la vez que compatible con, EMS-98 (Grunthal, 1998). Para la acción sísmica contaron con los mapas de intensidades macrosísmicas cuya probabilidad de ocurrencia se encuentra entorno al 10% en 50 años, que expuso Secanell (1999) en el marco de un estudio profundo y completo del riesgo sísmico en Cataluña.

Iniciativas RISMUR Y SISMIMUR (CARM)

El Proyecto RISMUR (Riesgo Sísmico en la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia) se trata de un estudio del riesgo sísmico realizado en la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia (CARM) y es el fundamento del Plan de Gestión de Emergencias de Protección Civil de dicha Comunidad.

El estudio se realizó en varias etapas que se ejecutaron de modo paralelo y sucesivo, con el fin de integrar todos los aspectos que demanda un estudio de riesgo sísmico, desde la caracterización de la acción sísmica hasta la estimación de pérdidas ante el movimiento esperado en cualquier zona de la Región.

El riesgo fue establecido, en términos de niveles de daño en los distintos tipos de construcciones incluidas en las distintas clases de vulnerabilidad. También se han valorado, los daños totales y el número de viviendas que no es posible habitar, para cada uno de los municipios de la Región de Murcia, frente a cualquier tipo de movimiento esperable en la zona con una probabilidad de excedencia próxima al 10% con un periodo de retorno de 50 años, criterio que normalmente siguen normativas y regulaciones de diseño estructural. Posteriormente, el estudio podrá complementar con la estimación de pérdidas materiales en función de valores económicos, número de víctimas y de otros índices de riesgo que se consideren de interés.

SISMIMUR (Plan Especial de Protección Civil frente el Riesgo Sísmico en la Región de Murcia)

En éste se ha elaborado una evaluación del nivel de peligrosidad sísmica en la Región de Murcia siguiendo las técnicas más novedosas del estado actual de conocimientos, que incluyen:

- Técnicas de árbol lógico para valorar las diferentes alternativas de cálculo y así, cuantificar las incertidumbres asociadas.

- Descomposición de la peligrosidad sísmica con el fin de calcular los intervalos de magnitud y distancia con mayor porcentaje y a su vez definir escenarios a evaluar con un carácter determinista.

-La evaluación de espectros de probabilidad continua en todo el nivel de frecuencias cuyo principal fin es homogeneizar el nivel de peligrosidad admitido para estructuras de diferente periodo propio, con las consecuentes alcance en diseño sísmico.

El resultado, entre otros, de estos estudios proporciona un dato básico para la realización del Mapa de Peligrosidad Sísmica de la Zona Centro, como es la cartografía de las isolíneas de valores de la PGA en el sustrato rocoso; un periodo de retorno de 475 años (en la práctica se considera 500 años), valor elegido como parámetro básico del mapa.

SISMIMUR II

Este está en proceso de revisión y publicación, habiéndose creado una comisión mixta (administración, colegios profesionales y universidades) para, tras el análisis del terremoto de 11 de mayo de 2011 en Lorca, completar el plan en aquello que se experimentó como necesario, a la vez que se refuerzan los puntos débiles detectados. El Dr. Roldán, director de esta tesis, forma parte de la comisión en representación de la UCAM.

Otros estudios

En la Región de Murcia tras el sismo sufrido en la ciudad de Lorca en el 2011, se han realizado diferentes iniciativas, tales como la propuesta por D. Juan Roldan Ruiz, "Experiencias para un protocolo Técnico de Actuación tras Terremotos" (Universidad Católica San Antonio, Cátedra de Estructuras Arquitectónicas, 2012).

Por otra parte, la propia Comunidad autónoma en colaboración con el Ayuntamiento de Lorca publico tres guías con la colaboración de la empresa Fhecor, Ingenieros Consultores. La primera publicación, consiste en una definición estrategia antisísmica en proyectos de edificios de nueva planta (CARM, ayuntamiento de Lorca y Fhecor, octubre de 2012), tras esta se publicó una segunda guía la cual habla de la restitución de la capacidad perdida de los edificios frente al sismo (CARM, Ayuntamiento de Lorca y Fhecor, octubre 2013) y finalmente una tercera guía sobre la evaluación e inspección en situación de emergencia de daños debido al sismo (CARM, Ayuntamiento de Lorca y Fhecor, diciembre 2013. Casi a al mismo tiempo el Consorcio de Compensación de Seguros público en el año 2013 el libro "El terremoto de Lorca. Efectos en sus edificios", (Ramón Álvarez Caval, Eduardo Díaz-Pavón Cuaresma, Raúl Rodríguez Escribano técnicos de INTEMAC).

1.3. OBJETIVOS DE LA TESIS

Como se ha mostrado en el anterior apartado, el objetivo general de esta tesis es contribuir a cuantificar la influencia del planeamiento urbanístico en el riesgo sísmico en zonas de actividad sísmica moderada. Por ello; se analizarán métodos avanzados de en cuanto al análisis del riesgo sísmico, se consultarán bases de datos y se utilizaran representación de la información utilizando herramientas como: los Sistemas de Información Geográfica (SIG o GIS) lo cuales georreferencian la información.

Los objetivos.

1. Analizar la influencia del planeamiento urbanístico en el riesgo sísmico.
2. Definir una serie de recomendaciones, en cuanto al trazado de las ciudades.

En cuanto a los objetivos de aplicación.

1. Definir una metodología sencilla, para evaluar las zonas más vulnerables, frente eventos sísmicos, desde la morfología urbana, a través de estudios de densidad y compacidad de la ciudad, haciendo hincapié en el porcentaje de espacios abiertos.

2. Elaboración de fichas que contienen parámetros específicos relacionados directamente con la peligrosidad y la vulnerabilidad, que servirán de base a la hora de realizar trabajos específicos de planeamiento urbano.

2. RIESGOS EN ZONAS URBANAS

2.1. INTRODUCCIÓN

Los núcleos urbanos se enfrentan a enormes riesgos los cuales debe de gestionarse desde un punto de vista local, En las zonas urbanas el riesgo es producto de la combinación de dos factores principales, la ubicación y la exposición a los riesgos, y en menos grado a una mayor vulnerabilidad debida a la mala gestión de las autoridades locales, la degradación del medio, y la sobreexplotación de los recursos de la zona.

2.2. LA CIUDAD Y LO URBANO

El mundo hasta no hace mucho tiempo era fundamentalmente rural, incluso en los países industrializados como Estados Unidos, Japón o Europa. A lo largo del siglo XX un conjunto de cambios en los transportes, la producción, la organización, así como la migración, hacen crecer los centros urbanos. Como producto de lo anterior el papel de las ciudades en la economía, la política, la cultura se va robusteciendo; paralelamente se va dando un crecimiento cuantitativo de las ciudades y los centros urbanos de distinto orden. El siglo XX, los centros urbanos se convierten en los lugares cuyo peso demográfico resulta ser dominante. A finales del siglo XX y principios del XXI una gran parte de la humanidad vive en las ciudades. (Ver Fig. 2.1)

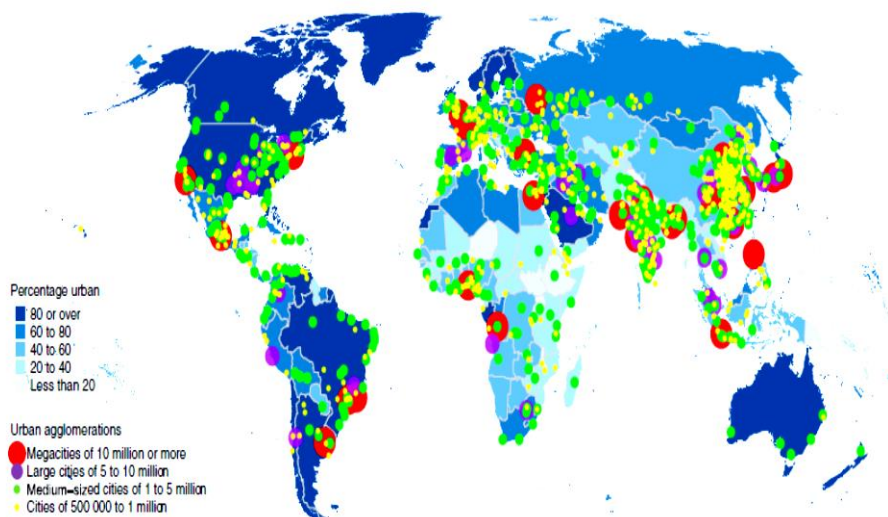


Figura 2.1 Porcentaje urbano y localización de las aglomeraciones con al menos 500.000 habitantes, 2014 Fuente: United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2014). *World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, Highlights (ST/ESA/SER.A/352)*

Incluso, conforme avanza el siglo XXI, se consolida el papel económico y político de las ciudades como centros de dirección (política y financiera), producción, distribución, centros de innovación científica, tecnológica y consumo, estas van creciendo, y aparecen nuevas denominaciones para llamar a las grandes ciudades: surgen las Mega ciudades. Espacios urbanos como Nueva York o Los Ángeles primero, seguidos por otras ciudades como Tokio, o Londres se convierten en centros de población con características nunca antes conocidas. En Centro América y América del Sur, ciudades como México, Río de Janeiro, Buenos Aires, San Pablo, también se transforman en Mega Ciudades enclavadas en un entorno subdesarrollado. Estas ciudades experimentaron un crecimiento desordenado y con ausencia de los servicios necesarios para la población, esto los ha convertido en espacios que concentran un gran nivel de riesgo y vulnerabilidad.

2.2.1. Características de lo Urbano

Lo urbano es un contexto dinámico de relaciones sociales de producción, distribución y consumo. Este espacio corresponde a una división técnica, social y territorial del trabajo; la división territorial del trabajo se establece con respecto a otros espacios urbanos de mayor o menor jerarquía, o frente a los entornos rurales, con relación a los cuales el espacio urbano principal resulta dominante. La aglutinación y la densidad de población, junto con la aglomeración de construcciones, la existencia de las líneas vitales y las redes son sus rasgos característicos.

Este es un espacio en el que existen distintos flujos de población, de transporte, de servicios, y comercio. El desarrollo socio económico, las condiciones materiales en las cuales se encuentran emplazadas (edificaciones, carreteras, caminos, ferrocarriles, etc.), y unido los distintos tipos de amenazas naturales, sociales y antrópicas dan forma a las grandes ciudades.

En estos lugares y sobre todo en las metrópolis globales principales, se toman decisiones que afectan a todo el planeta; los estilos de desarrollo imperante y las principales corrientes de pensamiento se han gestado en las ciudades y desde ahí se diseminan por el mundo. A través de estas decisiones, que tiene que ver con políticas de desarrollo, inversiones, comercio, o conflictos, en muchos casos, se traslada o se crea riesgo en otros entornos que tienen una relación de dependencia con los centros urbanos dominantes.

Las ciudades son enclaves donde hay un consumo exagerado. Esto provoca una producción desmesurada de desechos de todo tipo, con los cuales no se sabe qué hacer, bien porque no se pueden procesar, o porque no se dan las condiciones apropiadas en esas ciudades para darles un uso no contaminante.

Tabla 2.1. Características de lo urbano

Características de lo urbano
Las relaciones sociales giran en torno a servicios y bienes de producción, la distribución y al consumo
Densidad poblacional
Densidad en la infraestructura
Toma de decisiones (ciudades capitales, alcaldías y gobiernos locales)
Cultura urbana
En países en vías de desarrollo encontramos:
-Caos vial y relaciones comunales agresivas

Fuente: Mansilla (2010)

2.2.2. Estructuras urbanas

El mundo urbano (como espacio físico) tiene una estructura, en la cual las distintas partes interactúan, por medio de los flujos de población, mercancías e información. Producto de lo anterior y de procesos económicos de escala local y global (Baires, 2009) la totalidad urbana (territorio, población, cultura), se va modificando y a partir de ello cambian sus roles y sus jerarquías.

Las ciudades son la base del entramado urbano. Una ciudad es una estructura compacta de población mayor que una villa, con una comunidad que desarrolla una vida urbana. Las ciudades se diferencian por su localización, especialización, estructura y población; desempeñan distintos roles, algunos especializados de acuerdo a una cierta división geográfica del trabajo. Pero también, algunas ciudades son reconocidas por su ubicación en el espacio. Para efectos de este estudio, cuando se habla de un espacio urbano puede que nos refiramos solamente a un segmento de la ciudad, como puede ser un barrio, una zona industrial, un centro comercial, y no a toda la ciudad.

En lo que respecta a las características para que un lugar habitado se considere una ciudad, no hay acuerdo ni entre los expertos en el tema, ni entre las instituciones que en los países establecen los criterios para esto.

Para dar una idea de los distintos tipos de asentamientos humanos, que incluyen las ciudades y las jerarquías de estas, se presenta el siguiente cuadro:

Tabla 2.2. Tipos de asentamientos

Tipología	Nº de habitantes
Caserío	Hasta 150
Aldea	150-1.000
Pueblo	1.000-2.500
Ciudad pequeña	2.500-25.000
Ciudad mediana	25.000-100.000
Ciudad grande	100.000-800.000
Metrópolis	Más de 800.000

Fuente: (Pujadas & Font, 1998)

El desarrollo urbano conduce a conformar estructuras que van más allá de las ciudades individuales; se trata de las áreas metropolitanas. El área metropolitana es una zona urbana que no tiene continuidad edificatoria, aunque

mantiene con otros núcleos urbanos una fuerte interrelación. El área metropolitana también puede ser entendida como un proceso de conurbación.

Las áreas metropolitanas pueden tener un núcleo urbano central conocido como metrópoli, que es una ciudad (espacio urbano compacto) que mantiene un dominio sobre el conjunto metropolitano. El término metrópolis se utiliza para distinguir el núcleo central y motor de un área metropolitana, así como para señalar una gran ciudad que no ha generado a su alrededor una estructura espacial de tipo metropolitano. En términos físicos, el concepto metropolitano se expresa como una continuidad urbana compacta, en la cual la mancha de edificios no tiene interrupciones.

Como parte de la diversidad estructural de las áreas metropolitanas existen los núcleos urbanos que crecen dentro del territorio metropolitano; se trata de centros secundarios generadores de su propia centralidad sub-metropolitana; esto incluye también núcleos urbanos de rango inferior. Todo esto está interrelacionado por una fuerte movilidad diaria por motivos de trabajo de la población.

Tabla 2.3. Estructuras de las áreas urbanas

Ciudad	La comunidad desarrolla una forma de vida urbana
Metrópoli	Es el núcleo central o motor del área metropolitana
	Es una zona que urbana que tiene una continuidad edificatoria
Área metropolitana	Es una zona urbana que no tiene continuidad edificatoria

Fuente: Mansilla (2010)

Todas las áreas metropolitanas de un tamaño considerable disponen de una red de transporte (de distintas calidades) que debería garantizar que las interrelaciones o flujos (de población, de mercancías, de servicios) se puedan dar entre un espacio y el otro. La red vial puede tener una forma radial que muestra como desde un centro se fue conformando un proceso expansivo, con vías confluentes que enlazan los centros secundarios con el núcleo central. En algunas áreas metropolitanas aparecen estructuras viales concéntricas, que garantizan la interconexión entre las áreas metropolitanas secundarias, sin tener que pasar por el centro

2.2.3. Consideraciones sobre la ciudad

Las ciudades tienen jerarquías que están determinadas por sus roles internacionales, regionales, nacionales y locales. No solamente se trata del tamaño sino también de la importancia de la ciudad en términos administrativos, políticos, financieros y económicos, ya sea nacional o internacionalmente.

En el planeta existen unas cuantas ciudades globales como New York, Tokio, Londres, Hong Kong, para citar algunas. Estas ciudades tienen un impacto financiero, económico y político que va más allá de su entorno inmediato. Son centros en donde se toman decisiones que tienen un impacto en todo el planeta (Massey, 2008; SICA, 2009; Sagre, 1976; Torrico Canavir, 2008; Van Oss, 1981; Van Lidth de Jeude & Schütte, 2010). En estos espacios se tasa el precio del petróleo, el de las materias primas, los alimentos; o se decide cuáles serán las políticas económicas dominantes ejecutadas por los organismos internacionales y las corporaciones. Desde estos centros metropolitanos las grandes corporaciones definen políticas de producción, distribución e inversiones que tienen un efecto global.

Las decisiones que se toman en estas ciudades se convierten en factores causales de riesgo en América Latina, lo que en teoría de riesgo se conoce como "causas de fondo" (Wisner, Blaikie, Cannon, & Davis, 2004). Siendo esto así, es notorio que los factores causales que generan vulnerabilidad y riesgo se pueden encontrar muy distantes de los lugares en donde este se materializa.

Mientras que las acciones y decisiones que se asumen en los grandes centros metropolitanos tienen fuertes implicaciones en las ciudades de menor relevancia, lo que pasa en estas últimas no tiene los mismos efectos sobre los centros metropolitanos globales (Baires, 2009). Se trata de una división internacional del trabajo, que les asigna a nuestras ciudades roles administrativos, económico-financieros, políticos y culturales, ligados a las lógicas económicas y financieras mundiales.

Por su parte, las principales ciudades, en sus respectivos países, ejercen autoridad (administrativa, política, financiera, cultural) sobre un conjunto de ciudades intermedias y pequeñas. En este engranaje, las ciudades intermedias tienen sus propias funciones político-administrativas y/o económicas, frente a las cuales muchas otras pequeñas ciudades se encuentran encadenadas con más o

menos intensidad. En estas ciudades intermedias las personas realizan trámites administrativos, negocios o compras de ciertos bienes y servicios que no encuentran en sus pequeñas ciudades.

Las pequeñas ciudades tienen menos población y una oferta de servicios y un comercio reducido y sus entornos suelen ser rurales en donde se practica la agricultura, ya sea de subsistencia, de pequeña producción mercantil campesina o empresarial. En algunos casos hay enclaves agroindustriales o turísticos dirigidos al mercado externo, sin encadenamiento con su contexto socio económico; salvo algunos empleos generados para la población local. Muchas de estas pequeñas ciudades experimentan elevados niveles de riesgo, en la gran mayoría de los casos, ocupan un lugar muy subordinado en el contexto del desarrollo nacional.

Esto se manifiesta en una presencia pública reducida, con poca o ninguna inversión para dinamizar la economía y en gobiernos locales con pobres ingresos; por tanto, dependen de decisiones que normalmente se toman en los centros metropolitanos.

En estas pequeñas ciudades la población tiene un origen agrícola. En muchos casos la gente posee un vínculo más fuerte con su entorno, lo que facilita un mayor arraigo; esto no quiere decir que, por ser lugares pequeños y familiares, automáticamente, vamos a encontrar, en palabras de Wilches-Chaux (1993): sentimientos compartidos de pertenencia y de propósito. Es decir: comunidad.

Esto último es fundamental, puesto que una aglomeración urbana como un barrio o calle, que no tenga la sensación de pertenencia y propósito, será un lugar en que la organización de la población, requisito básico para desarrollar acciones concretas para reducir el riesgo y enfrentar situaciones de desastres, encontrará muchos obstáculos.

2.2.4. Lo urbano y lo rural: consideraciones básicas sobre una relación indivisible

En cuanto a la noción de “riesgo urbano” para debatir sobre su solidez teórica y conceptual, como base para el establecimiento de estrategias y acciones concretas, es importante precisar que el tema que interesa, por la escala de acción, es el riesgo en espacios urbanos, con una especial atención a las comunidades urbanas, con todos los matices que estos espacios constituyen, con diferencias y

similitudes. Además, es importante el hecho de comenzar recordando los varios autores que exponen que el espacio geográfico urbano está en relación o interactuando con el medio rural; y en ese proceso, ambos se modifican y la ciudad se desdibuja en el territorio (Folch, 2003), Es por ello, necesario que consideremos esta relación entre lo urbano y lo rural.

Empezar recordando como varios autores indican que en el espacio urbano interactúa con el espacio rural, y en dicho proceso, los dos polos se transforman y la misma ciudad se difumina en el espacio (Folch, 2003), es obligado comenzar con algunas apreciaciones sobre la interacción entre lo rural y lo urbano.

Entre lo urbano y lo rural existe un estrecho vínculo, pero, es importante destacar que esta relación no es simétrica. En esta tesis se sostiene que el polo urbano es dominante, y es quién finalmente determina la dirección de la correlación entre estos dos escenarios del espacio geográfico. Las urbes no solamente son polos dominantes en la producción de servicios, tecnología, productos industriales, sino que también son el lugar donde se han instalado los centros de decisión política y económica de las sociedades actuales. La globalización, entre otras cosas, es un fenómeno urbano, dirigido desde las ciudades. Estas consideraciones, más allá de la necesidad de una precisión teórica, tienen un impacto directo en la forma de cómo se constituye el riesgo y, por tanto, en el modo de reducirlo.

No obstante, a pesar de la asimetría entre estos espacios se dan un conjunto de interacciones que implican cambios en uno y otro escenario. Los cambios tecnológicos y las modas urbanas también tienen un impacto en el mundo rural. Las decisiones tomadas en las ciudades, que a su vez son los centros de poder, igualmente afectan al campo. Las políticas económicas pueden dinamizar o deprimir las zonas rurales, y normalmente estas decisiones se toman en las ciudades.

Pero es el mundo rural en donde se producen los alimentos que consumen las ciudades. El campo también es una fábrica de agua y oxígeno, y una cantera desde donde se sacan las materias primas. Si hay sequías prolongadas o inundaciones se pierden los cultivos, y esto se va a sentir en las ciudades por la vía de la escasez o el incremento de precios en los productos agrícolas. Algo muy importante en esta relación, han sido los desplazamientos de población del campo, o migraciones campo-ciudad, que han sido históricamente propicias para

situaciones de riesgo y desastres, puesto que mucha de la población que migra luego no encuentra oportunidades para ganarse la vida y asentarse apropiadamente, y entonces se ubica en zonas inseguras.

Tabla 2.4. Urbano Vs Rural

Indicadores	Rural	Urbanos
Población	Dispersa Menor escolaridad Menor especialización en el trabajo	Densa Concentrada Mayor escolaridad Más especialización en el trabajo
Servicios: Comercio, sistema sanitario, educación Bancos, profesionales liberales, médicos, abogados	Pocos Dispersos En ocasiones de calidad inferior	Concentrados Densos Diversos
Líneas vitales: Red vial, puentes, transportes, red eléctrica, red de comunicaciones, acueductos, oleoductos, sistemas de almacenamiento de combustibles, Otros.	Baja Densidad	Alta densidad
Accesibilidad en el territorio a personas con. Movilidades reducidas	En algunas zonas ni siquiera se plantea	Asegurado
Coste del suelo	Bajo	Alto
Centros de poder	Gobiernos locales, con menores recursos.	Emplazamiento de las autoridades públicas, corporativas y donde se toman decisiones que impactan a todo el territorio
Ambiente	Los ecosistemas existentes en las zonas rurales han sido modificados por los seres humanos, no existe una	Predominio de lo artificial sobre lo natural

	dominación de lo artificial sobre lo natural como en ciudades.	
--	--	--

Así que el mundo urbano y el rural son espacios diferenciados, pero conectados e interdependientes: lo que pasa en una parte repercute en la otra. La construcción social del riesgo resulta no solamente por lo que sucede en el entorno inmediato donde se manifiesta, sino también, por lo que pasa o se hace en lugares que pueden estar distantes, pero conectados por múltiples vínculos.

Ramón Folch (2003) introduce el concepto paraurbano, para referirse al espacio difuso entre la ciudad y el campo y a la confusión de características que muchas veces lleva a considerar urbano un espacio rural y viceversa.

Se establecen entonces tres tipologías distintas de este tipo de espacios, que pueden ser muy útiles para comprender la complejidad de los espacios urbanos:

Espacio periurbano: considerado un incipiente espacio urbano poco estructurado, ubicado en la periferia de la ciudad.

Espacio rural-urbano: en espacios netamente rurales se perciben elementos de origen o tipología urbana.

Espacio de borde: un ámbito marginal, originalmente rural, que “agoniza” en los límites de lo urbano y lo rural. En ciudades grandes como es posible observar “islas” rurales en medio de toda la estructura urbana.

2.3. RIESGO URBANO, O RIESGO EN ESPACIOS URBANOS

2.3.1. La construcción del concepto de riesgo

Es importante iniciar este apartado indicando que los conceptos de riesgo y desastres han pasado por una evolución en las últimas décadas. Estos conceptos han constituido la base para el diseño de políticas, estructuras, estrategias y metodologías. A continuación, se presenta un breve repaso por estos enfoques y conceptos:

El factor divino, que atribuyen la ocurrencia de los desastres a una situación por la voluntad divina.

La perspectiva naturalista, que enfocó el problema de los desastres como resultado de una naturaleza que es generosa y provee, pero también en determinados momentos se comporta como una fuerza destructora.

El concepto desde el enfoque físico, originado en las ciencias relacionadas con el entorno natural y que incorpora nuevos elementos como la exposición y la vulnerabilidad física.

La construcción social del riesgo, que se origina sobre una crítica al punto de vista físico y se basa en las ciencias sociales. En esta perspectiva el riesgo se asume como una construcción social: así entonces lo económico, la institucionalidad, el entorno socio cultural son factores explicativos fundamentales. Se considera que los desastres no ocurren porque exista una amenaza natural, sino por la convergencia de una cierta amenaza con una población que es portadora de alguna vulnerabilidad socialmente construida. La interrelación entre estas variables (amenaza-vulnerabilidad) da pie al desastre.

2.3.2. Como se manifiesta el riesgo en lo urbano y la ciudad

El sistema urbano es un conjunto dinámico de relaciones sociales de producción, distribución y consumo, que han generado -y se asientan en- un entorno artificial de edificaciones y líneas vitales. Como rasgo fundamental se puede decir que es un medio de una alta densidad en términos de la población, las edificaciones y las líneas vitales. Las políticas económicas han propiciado una dinámica urbana que profundiza en las asimetrías espaciales y sociales a su interior y con los otros sistemas interconectados; esto se traduce en fuertes desequilibrios del sistema y en un proceso creciente de entropía. A más desorden del sistema artificial más posibilidades de construir riesgo en los espacios urbanos.

Los desequilibrios del sistema urbano a diferencia de lo que puede pasar en un ecosistema natural o más determinado por los ajustes naturales – como lo es el espacio rural - no desembocan en un ajuste automático que propicie un nuevo equilibrio, sino más bien deviene en más desorden, lo cual demanda la intervención social dirigida a generar equilibrio sobre la base de procesos sociales, económicos y ambientales. Estos desequilibrios del sistema urbano se constituyen

en la idea generadora de condiciones específicas de riesgo, que se diferencian sustancialmente de aquellas que se dan en los espacios rurales.

La resiliencia¹ de los sistemas urbanos depende fundamentalmente de las capacidades del sistema social; que tiene que ver con la posibilidad (o no) de generar desarrollo inclusivo y planificado, por una parte; y un proceso de ordenamiento del espacio con criterios de prevención de riesgo, por otra. A diferencia de lo que sucede en los espacios rurales, la resiliencia urbana es el resultado exclusivo de una acción social deliberada y concertada.

Es importante reiterar que el sistema urbano es fundamentalmente artificial y tiene necesidades crecientes de energía y recursos naturales, para ello depende de la transmisión de energía de los otros ecosistemas. Sin embargo, generalmente estos procesos de transferencia de energía y recursos no se basan en criterios y prácticas sustentables, sino, más bien, en una explotación intensiva de otros ecosistemas, que no permite su auto recuperación; tal situación crea una entropía progresiva que tiende a implicar muchos otros ecosistemas, cuyo socavamiento es un factor de riesgo global (tendencia permanente al desequilibrio general).

Por su parte, las ciudades albergan a grandes concentraciones de población, y para responder a todas las demandas y necesidades de sus habitantes se han desarrollado sistemas interconectados, en los que hay redes de carreteras, de transporte de combustibles, de agua, eléctricas etc. Por esto mismo, un evento como una inundación, un sismo, o un deslizamiento puede tener un impacto múltiple y encadenado, lo cual magnifica los daños.

¹ la capacidad que tiene un sistema, bien sea una comunidad o sociedad que han estado expuestos a una amenaza a resistir, recuperarse, absorber, adaptarse a sus efectos del modo más oportuno y eficaz, lo que conlleva la restauración de sus estructuras y funciones básicas y su preservación. (Terminología de UNISDR 2009).

Por ejemplo, un terremoto puede destruir las carreteras, los puentes, pero también el sistema eléctrico y el abastecimiento de agua potable. La principal diferencia del riesgo en los espacios urbanos es que este se trata de la manifestación de un fenómeno que sucede en el entorno de las relaciones sociales y de producción, consumo y distribución, en un contexto artificial, integrado, dinámico y denso.

En las ciudades en las cuales hay un alto volumen de edificios, lineal vitales, población, que están encadenados por distintos y variados vínculos; el proceso constructivo del riesgo se genera con una intensidad diferente, de todo esto resulta un tipo de riesgo que es propio en las áreas urbanas.

Las ciudades o los centros urbanos son los lugares en dónde se ha instalado el poder público y las grandes empresas, corporaciones, bancos, etc. Las ciudades son puntos neurálgicos de la dirección del conjunto de la sociedad. Si el riesgo se convierte en desastre, en ciudades importantes, esto se amplifica y va más allá de su propio territorio, por el carácter central de la ciudad en lo tocante a dirección y coordinación de un conjunto de funciones sociales, económicas, nacionales e internacionales.

2.4. EL CONCEPTO DE RIESGO URBANO

2.4.1. Características relevantes

En los espacios urbanos, el riesgo adquiere características específicas, que no se dan de igual forma en contextos rurales. Estas características pueden ser señaladas entonces como elementos constitutivos de lo que hasta ahora se considera “riesgo urbano”

Densidad de población: En lugar de considerar el tamaño de los espacios urbanos, como elemento determinante, puesto que genera una concentración de vulnerabilidades en espacios reducidos. La densidad de población es fundamental para comprender también el denominado “riesgo intensivo” o bien los “desastres intensivos” (UNISDR, 2009).

Relaciones de dominación y toma de decisiones: las ciudades son centros de toma de decisiones y desde estas se establecen formas de dominación, incluso entre ciudades por la relación centro-periferia, que terminan determinando

formas específicas de riesgo, tanto para espacios urbanos, suburbanos, como para el espacio rural.

Ecosistema artificial: en los espacios rurales, sobre todo en los dispersos, los procesos locales de adaptación recurren a mecanismos de ecosistema natural. Los espacios urbanos son una construcción artificial en la cual los procesos de adaptación naturales no son determinantes; la vulnerabilidad es construida artificialmente y el riesgo entonces debe ser reducido en los mismos procesos de constitución de las ciudades.

El carácter de la comunidad y la cultura urbana: autores como Wilches-Chaux (1993) plantean que dependiendo de la localización de los espacios urbanos los sentimientos compartidos de pertenencia y propósito no son la característica de la comunidad urbana, debido al proceso de constitución de esta. Este carácter de la comunidad urbana se convierte en uno de los factores determinantes del riesgo urbano, puesto que, considerándolo como ecosistema artificial, en este sentido es una condición indispensable para la adaptación y la reducción del riesgo.

Resiliencia condicionada por la comunidad urbana: las características anteriores perfilan una característica fundamental del riesgo en los espacios urbanos y tiene que ver con las capacidades. El carácter de la comunidad urbana, y las necesidades ecosistémicas de adaptación como acción de voluntad y de consenso, presentan una relación compleja para la reducción del riesgo. Hay zonas como las comunidades urbanas de América del Sur presentan bajas capacidades de resiliencia debido su dinámica comunitaria, en donde el sentimiento de arraigo, el propósito común y la pertenencia no están – en términos generales – desarrollados aumentando más bien la dimensión del riesgo.

A continuación, se analizan una serie de factores que van a amplificar los anteriores.

Uno de los aspectos que salta a la vista desde el inicio de la tesis es la importancia, en términos concretos y prácticos, de diferenciar el riesgo urbano. Incluso de si realmente se puede hablar de tal riesgo urbano diferenciado del riesgo en general.

Los siguientes elementos son comunes:

Todos los espacios geográficos tienen una dimensión específica de riesgo, dependiendo de la escala de análisis: riesgo en ciudad, riesgo zonas periurbanas, riesgo en puertos, riesgo en zonas altiplánicas, riesgo en costas y otros. En términos generales, la conceptualización disponible del riesgo en general es suficiente para comprender el fenómeno y para establecer acciones específicas de gestión.

La diferenciación es relevante en el establecimiento de políticas y estrategias: la comprensión del riesgo en los espacios urbanos se vuelve más relevante a la hora de establecer acciones concretas. Políticas nacionales urbanas o estrategias sobre zonas urbanas específicas requieren un análisis específico del riesgo.

Es más relevante diferenciar “ciudad” y “espacios urbanos”: las características específicas del riesgo en las ciudades pueden ser más útiles de determinar que las de los espacios urbanos en general. Estos muchas veces se confunden (periurbano – rururbano). Sin embargo, lo más común de observar son los “desastres de ciudades” y no tanto “desastres urbanos” como categoría general.

La ubicación de los asentamientos humanos

En ocasiones la población se asienta en zonas susceptibles de ser afectadas, como márgenes y antiguos cauces de ríos, áreas con gran actividad sísmica o volcánica, barrancos, cerca de plantas de gas, etc.

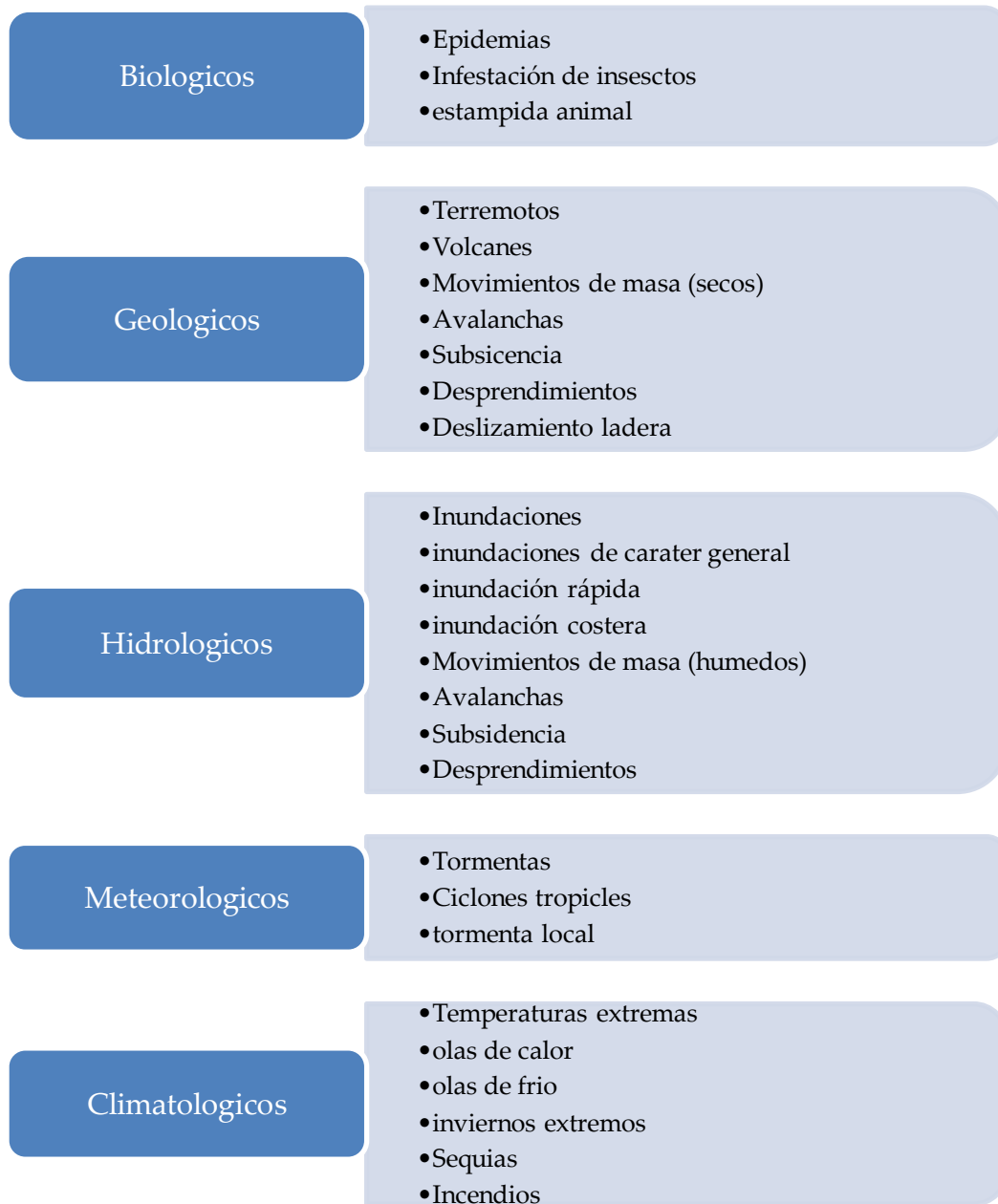
Factores naturales de riesgo en asentamientos urbanos

Figura 2.2. Factores naturales de riesgo. Fuente: "Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (2010)."

2.5. LAS TENDENCIAS DEL RIESGO EN ESPACIOS URBANOS

Las tendencias que se muestran en cuanto al riesgo en espacios urbanos. Precisamente, el punto de partida la tesis fue la percepción generalizada de que el llamado “riesgo urbano” era una tendencia en aumento.

Como aproximación a este tema, se analizaron varias tendencias, que de algún modo marcan una línea estratégica a seguir y que además ayudan a dilucidar algunos mitos o percepciones no acertadas con respecto al riesgo en los espacios urbanos y el impacto de desastres en ciudades.

1. Hay un aumento de “desastres en ciudades” más que “desastres urbanos”:

La mayoría de los análisis estadísticos nos encontramos con un aumento de desastres en ciudades, como resultado de la acumulación de riesgo intensivo.

Es claramente visible el aumento de desastres en ciudades. Este aumento es más difícil de percibir en espacios urbanos, por su complejidad, cuando las fronteras con otras categorías espaciales están poco definidas. Incluso, impactos en zonas rurales muchas veces son resultado de riesgo generado por la relación urbano-rural. Puede ser más útil un análisis que muestre el aumento del riesgo en categorías específicas de ciudad.

2. Las tendencias de riesgo y desastres en ciudades se manifiestan diferenciadamente.

El riesgo en grandes ciudades, presentan características específicas de riesgo ligadas a la gobernabilidad (como lo muestran los casos de Puerto Príncipe y Santiago de Chile) que deben ser observadas en común, al margen del tamaño de la ciudad. La complejidad se encuentra en la capacidad de mantener un gobierno funcionando, que pueda responder los impactos.

Las ciudades costeras han experimentado un crecimiento acelerado del riesgo. Ligado a aspectos de variabilidad y cambio climático, así como otro tipo de consideraciones que llevan a una mayor densidad y mayores vulnerabilidades.

El riesgo en ciudades transfronterizas, en este tipo de espacios urbanos homólogos y se está analizando como la cercanía a la frontera, y la existencia de

dos estados distintos, regulando o permitiendo intensos flujos migratorios, comerciales y sociales en general, perfilan condiciones de riesgo que son irrepetibles en otro tipo de ciudades pequeñas.

2.5.1. Tendencias en el aumento del riesgo en espacios urbanos

La tendencia del riesgo en los últimos años en espacios urbano es creciente, en fig.2.2 se muestra la distribución mundial de eventos ocasionados por catástrofes naturales en 2014, por otro lado, como vemos en la fig.2 3 esto conlleva un incremento de pérdidas económicas.

El aumento del riesgo no está en mega espacios urbanos, sino en medianos: El estudio *Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction (2011)* presenta una serie de datos sobre las principales tendencias en riesgo a escala mundial. Pero uno de los aspectos más relevantes – a efectos de este estudio – es el análisis estadístico de impacto de desastres en espacios urbanos. Este análisis muestra como los aumentos más significativos en cuanto a riesgo y desastres no se vienen experimentando en los grandes espacios urbanos, sino estos incrementos se encuentran en realidad en espacios urbanos entre 15.000 y 50.000 habitantes. Tabla 2.5.

Tabla 2.5 Elementos de riesgo y consecuencias de los desastres

Factor de riesgo	Consecuencias
<p>Desarrollo urbano mal planificado y mal gestionado Es posible que el riesgo de desastre esté aumentando a mayor ritmo en centros urbanos pequeños y medianos que crecen rápidamente, respecto a zonas rurales o ciudades más grandes. En comparación con los centros urbanos pequeños y medianos, las grandes ciudades en general tienen una mayor capacidad de control del riesgo y de inversión en infraestructuras.</p>	<p>En un elevado número de países de América Sur el número de desastres en zonas urbanas pequeñas y medianas crece a un ritmo superior que en las grandes ciudades y las megaciudades(Mansilla,2010). Más del 80 por ciento de todos los registros de pérdidas por desastre de América Sur se refiere a zonas urbanas, lo curioso del dato es que son de países diferentes, con diferentes estructuras y el 40-70% de los desastres suceden en centros urbanos de menos de 100.000 ha y entre 14-36% en centros urbanos de menor tamaño.</p>
<p>Degradación de los ecosistemas La deforestación en zonas tropicales es un factor global crítico del cambio climático. Además, tiene importantes consecuencias locales, a menudo negativas, al provocar aumentos en la temperatura media y descensos en la precipitación media. Los ecosistemas costeros, las algas marinas, los manglares y otras vegetaciones de las playas, desempeñan un papel crucial para mitigar los impactos de marejadas e inundaciones en las costas. Desafortunadamente, en muchas zonas los ecosistemas costeros se encuentran degradados, por lo que aumenta el riesgo de desastres a la vez que pelagra la sostenibilidad de las economías locales.</p>	<p>Las correlaciones estadísticas sugieren que las cuencas hidrográficas con tasas mayores de deforestación serán las que sufran mayor mortalidad y daños en viviendas por desastres (Serje, 2010, Tonini et al 2010). Se debe observar, sin embargo, que el hecho de que haya un claro vínculo entre la deforestación y las pérdidas por desastres no significa que la deforestación sea la causa directa de las pérdidas. La deforestación suele ocurrir en zonas donde se está extendiendo la frontera agrícola y en pequeños centros urbanos en expansión; otros factores, como el incremento de la magnitud de la amenaza, la exposición y la vulnerabilidad, también contribuyen a la construcción del riesgo.</p>
<p>Escasez de medios económicos Dentro de los países, las zonas con mayor índice de pobreza suelen tener un mayor riesgo de desastres, lo que ilustra la compleja interacción entre la pobreza y el riesgo de desastres (EIRD/ONU,2009)</p>	<p>Utilizando información detallada sobre factores de riesgo, exposición de la población y una serie de indicadores socioeconómicos, se puede construir un modelo de riesgo, calibrado con datos de pérdidas por desastres con sistemas de información geográfica. El riesgo de mortalidad por deslizamientos mostró una correlación positiva con la exposición física y el Índice de Pobreza Humana, y una</p>

correlación negativa con el Índice de Desarrollo Humano. El factor pobreza explicó gran parte de las diferencias de riesgo por deslizamientos entre provincias (Cepeda et al., 2010): a mayor pobreza, mayor riesgo, y viceversa.

Fuente: Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction (2011)

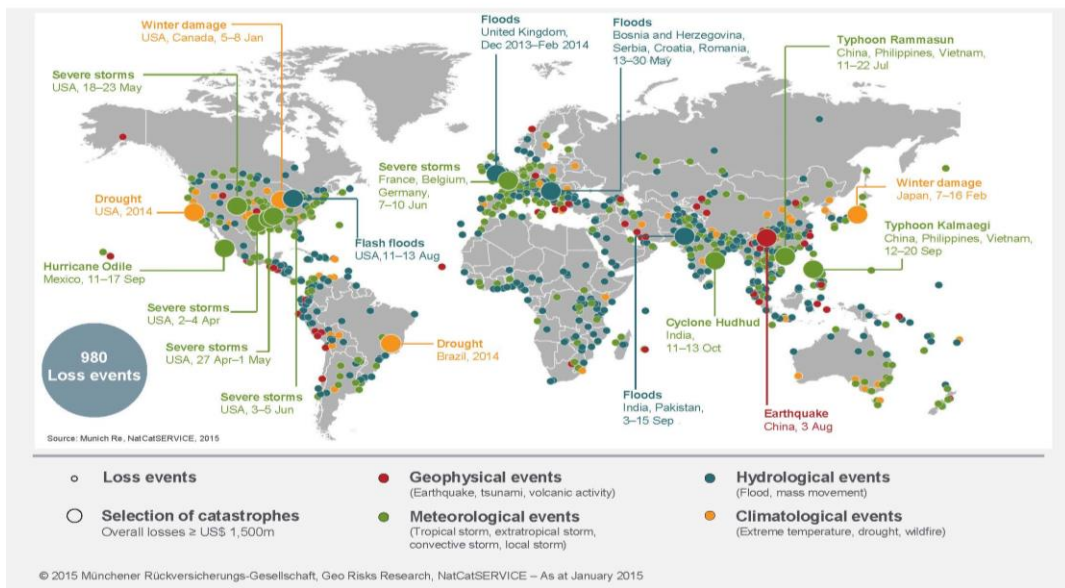


Figura 2.3: Mapa de catástrofes naturales y pérdidas en el año 2015. Fuente. Munich RE

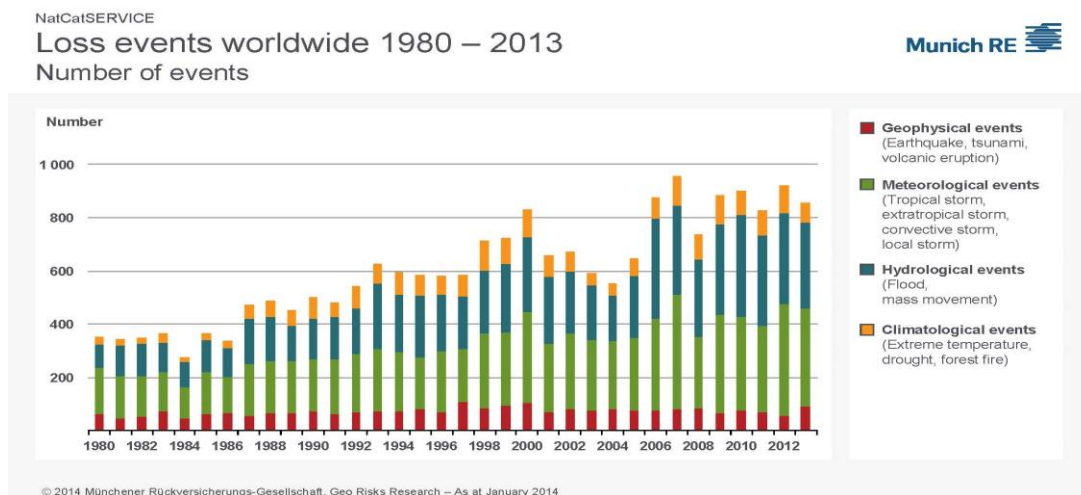


Figura 2.4: Pérdidas por catástrofes naturales en todo el mundo entre 1980-2013. Fuente Munich Re

2.5.2. Posibilidades de generar y reforzar resiliencia frente al incremento del riesgo.

La percepción de que el riesgo aumenta más en proporción con el tamaño de la ciudad ha generado una falsa expectativa con respecto a las posibilidades reales de reducir el riesgo en ciudades. Considerando la relación directa entre riesgo y políticas públicas y las pocas posibilidades de generar incidencia en estas se puede considerar poco acertado intentar el desarrollo de estrategias de reducción de riesgo urbano y pensar que es más apropiado trabajar a escala comunitaria, ajustando metodologías. Sin embargo, esta tendencia muestra como el aumento del riesgo se da en una escala mucho más manejable.

2.6. UNA POSIBLE ESTRATEGIA.

En esta tesis se pretende establecer algunos criterios que pueden orientar la identificación las líneas a seguir. Sobre todo, a partir del ejercicio teórico y conceptual que se ha realizado:

Sobre el planteamiento:

Es necesario establecer un planteamiento general claro, pero con consideraciones estratégicas específicas para cada intervención, considerando el carácter diferenciado del riesgo.

Para ello sería necesario:

Establecer una tipología de ciudades y espacios urbanos y con ella desarrollar líneas estratégicas específicas.

En principio se requiere:

1) Capitales de ciudad y áreas metropolitanas se considera que las ciudades costeras deben de tener prioridad. La situación de espacios urbanos metropolitanos debe ser estudiada, a fin de desarrollar un planeamiento hacia aquellos donde está creciendo aceleradamente el riesgo.

2) Ciudades y zonas urbanas portuarias y costeras, por la importante tendencia de acumulación de riesgo que están presentando.

3) Zonas urbanas entre 15.000 y 100.000 habitantes.

Desarrollar un planteamiento orientado hacia el barrio, más que un enfoque individualista. Esto basado en la constatación de que el riesgo y los desastres, no importa el tamaño de la ciudad, son de escala local.

Escenarios de causalidad y escenarios de impacto.

La estrategia no debe limitarse a un abordaje de ciudades, sino que debe considerar las estrechas relaciones de complementariedad entre lo urbano y lo rural y entre diversos espacios urbanos. El enfoque debe estar basado en la comprensión global del riesgo, para evitar una especialización excesiva que reduzca las posibilidades de una gestión integral.

Política pública e institucional

Es importante aportar criterios orientadores abogando precisamente a favor de las comunidades urbanas en riesgo. En esta línea, es importante considerar:

a) La ordenación del territorio y la normas y códigos de construcción como mecanismos reguladores y de prevención. Las políticas e instrumentos de ordenamiento territorial deben establecer criterios claros sobre la reducción del riesgo y considerar el riesgo ya consolidado, a fin de aplicar medidas de gestión correctiva. Estas acciones deben estar conectadas con procesos de desarrollo de la visión de comunidad urbana y de desarrollo de capacidades de autogestión comunitaria.

b) Los procesos orientados a vivienda y asentamientos humanos, que tienen un alto potencial de contribuir con la reducción de riesgo en comunidades urbanas en crecimiento y en asentamientos efímeros.

c) El desarrollo de enfoques institucionales, planes y estrategias de intervención integrada y sectorial, que permitan abordar el riesgo en espacios urbanos, siguiendo la tipología mencionada antes.

Reforzar la gobernabilidad

Es fundamental el establecimiento de líneas estratégicas para el fortalecimiento de la gobernabilidad, implicando gobiernos locales y organizaciones de base. En este sentido será importante:

a) Desarrollar estrategias, instrumentos y acciones que mejoren las capacidades de los gobiernos locales para integrar la reducción de riesgo en sus procesos de planificación. Deberá establecerse un proceso que priorice las zonas

urbanas entre 15.000 y 100.000 habitantes o aquellas que muestren un avance mayor en el ritmo de impacto de desastres.

b) Desarrollar procesos e instrumentos que faciliten el diálogo y el consenso entre gobiernos locales y organizaciones de base, orientados a la gestión local del riesgo en espacios urbanos.

Atención a la comunidad urbana.

El mayor reto estratégico está en desarrollar líneas estratégicas, metodologías y mecanismos que permitan abordar la comunidad urbana desde su multiculturalidad. Más que adaptar materiales es fundamental usar los de la propia comunidad urbana. Esto implica comprender mejor sus características y partir de que las condiciones de cohesión son diferentes a las encontradas en espacios rurales.

Reversión de procesos de construcción del riesgo en la escala local

Se deberá identificar los generadores principales de riesgo en espacios urbanos, a escala comunitaria, a fin de establecer procesos que permitan reducir los factores de riesgo subyacente, con la participación de Gobierno Central, Gobiernos Locales.

En consecuencia, La correcta planificación del territorio da lugar a una descentralización de los en el sistema de equipamientos y limita la densidad de las ciudades, pudiendo así reducir los elementos que generan el riesgo a la vez que van a incorporar una serie de mejoras en el entorno y en los servicios. Si se crean parques y jardines, por pequeño que sea su tamaño, crea “pulmones” en la ciudad, y a su vez proporciona áreas que pueden ser ocupadas por la población evacuada, puede ser refugio temporal, e incluso lugares de ocupación de los dispositivos de emergencia, sobre todo en seísmos.

Es difícil dar una serie de pautas estándar sobre la concentración de la población, puesto que esta varía de modo considerable de unos lugares a otros, de unas ciudades a otras, de unos países a otros, esto tiene una relación directa con el número de edificios de los cuales se dispone y la tipología de suelo el que se ubican.

Por otro lado, en áreas con un grado elevado de peligro sísmico, las correspondencias entre los seísmos y sus efectos, además del valor del suelo son sabidas, variando la disposición y la morfología de la ciudad en él tiempo.

Los elevados costos del suelo en algunas áreas hacen que las edificaciones sean más elevadas y más económicas, con el carácter negativo en futuros seísmos, por el incremento de la densidad de población y por la disminución del nivel de seguridad. Generalmente, a las autoridades le es imposible controlar el precio del suelo, pero recalcan que es una forma muy evidente la provisión de servicios y equipamientos, para la futura planificación urbanística, lo que implica, que unas áreas sean más deseables que otras. El saber el funcionamiento de la dinámica del valor del suelo en la ciudad suele ser importante para el planificador del territorio, para hacer la ciudad más segura desde el punto de vista del riesgo sísmico.

3. LA FORMA URBANA

3.1 INTRODUCCIÓN

Entendemos por morfología a las formas urbanas resultantes de las geometrías internas que encontramos en la parte exterior y en la interior de los espacios urbanos. Las formas urbanas son el resultado, de cómo las ciudades se doblan ante los factores de carácter natural, económico y cultural todo ellos distintos, configurando estructuras urbanas de carácter heterogéneas.

Si intentamos exponer el significado de los conceptos de morfología, estructura y forma, pretendemos exponer que han sido tratados desde puntos de vista diferentes. Si partimos de la descripción teórica de la forma, esta consiste en la reunión de las partes da lugar a un todo; desde la metafísica “la forma es aquello que determina y precisa la materia de la que está formado un objeto determinado” (Aristóteles ;1992).

La disciplina del urbanismo ha intentado un ir más allá de la idea de la forma. Esta noción esta relacionada con la valoración de las principales estructuras que se crean en los centros urbanos, la estructura y morfología de una ciudad se deriva de las edificaciones (residencial e industrial), vías, (principales, secundarias, transitables), espacios de ocio (parques, zonas verdes) (Lynch; 1985).

En la disciplina de la geografía se han considerado factores económicos, físico-geográficos, y sociales como instrumentos importantes para el desarrollo y crecimiento de los espacios urbanos: las morfologías urbanas están dadas por aspectos económicos y sociales siendo los factores importantes para la renovación urbanística (Conzen; 1960).

Las valoraciones entorno al concepto de las morfologías urbanas hacen pensar en un espacio urbano aglutinador, en el cual se despliegan y se crean factores importantes para el crecimiento del mismo. Aunque, la pregunta que nos hacemos es: ¿el desarrollo de la morfología y la geometría en las zonas urbanas obedece a

algún esquema específico? O bien, ¿las distintas morfologías urbanas es posible establecer relaciones con factores los naturales, históricos o sociales?

3.2 LAS FORMAS URBANAS

3.2.1 Análisis de las formas urbanas

Los primeros estudios que se confeccionaron sobre las estructuras urbanas de las ciudades fueron facilitados por el estudio de los planos, ya que a partir de ellos se tenía una visión de los distintos elementos existentes en la ciudad, como los edificios y los trazados calles, entre otros.

El plano es un elemento esencial del análisis morfológico (Capel 2002, p. 67). El plano muestra la ciudad en todo su detalle, es decir, se pueden comprobar los contornos de las manzanas, la trama, los edificios, los espacios abierto, las zonas verdes, etc. Según Capel, el plano se puede definir por 4 aspectos elementales:

1. Las calles y su relación con el sistema vial.
2. Las manzanas delimitadas por las calles.
3. Los espacios individuales, los cuales resultan ser ocupados por los edificios.
4. Las zonas verdes, las cuales se pueden evidenciar en una escala detallada.

Todos estos elementos resultan ser los principales para definir las diferentes estructuras urbanas y con ello establecer relaciones con los diferentes usos del suelo. Con la observación y lectura del plano se pueden evidenciar los distintitos usos del suelo, identificando las categorías de este, como pueden ser los emplazamientos industriales dando lugar a unidades industriales, del mismo modo viviendas y edificaciones creando unidades residenciales o administrativas. Las vías o calles tienen un muy papel importante como elemento principal para la formación de la estructura urbana, ya que funcionan como un nexo de unión dentro de la misma ciudad.

Si realizamos un análisis desde el punto de vista de las formas urbanas, en el plano, podemos diferenciar entre el plano homogéneo, y el heterogéneo, el primero es el que presenta un bosquejo similar y es acogido por las ciudades de pequeño tamaño; mientras que el segundo es para dar cabida a la irregularidad de las formas urbanas. Todo lo anterior lo podemos relacionar con la trama urbana, que da lugar

a diferentes tipos de plano partiendo de la forma urbana.

En lo referente a las formas del plano, podemos distinguir los siguientes:

Plano ortogonal o de carácter regular: Respetando una forma hipodámica u ortogonal (en honor Hipodamo de Mileto constructor de ciudades en la Grecia Antigua), donde las vías están diseñadas de modo que generan cuadrículas con formas geométricas homogéneas. Dichas formas se perciben en las ciudades antiguas, de origen griego, romano y medieval.

Plano irregular: En este tipo de plano distinguimos formas geométrías heterogéneas. Ello se puede evidenciar en ciudades en las cuales, no encontramos la existencia de planificación urbana, esto suele estar relacionado con una alta densidad de población, en este tipo de ciudades se aprovecha hasta el último espacio para la ubicación de las edificaciones. Encontramos ejemplos de este tipo de patrones irregulares en ciudades medievales y musulmanas.

Plano radioconcéntrico: Esta tipología geométrica viene dada por la localización de un centro a partir del cual salen diferentes viales en todas las direcciones, es decir, el espacio urbano está conformado desde un punto central del cual parten viales y caminos para establecer la comunicación con las distintas partes de la ciudad. Esta tipología de ciudad la encontramos en algunas ciudades europeas de origen medieval, En estas ciudades la centralidad provenía de un santuario, una iglesia o un castillo.

Los datos que obtenemos con la lectura del plano nos demuestran cómo, a partir de una representación, como es el plano, encontramos elementos y factores importantes que son de gran utilidad para el estudio del espacio urbano, y su relación con los riesgos naturales.

3.2.2 Estudios de morfología urbana desde diferentes escuelas

Para la clasificación morfológica de zonas urbanas, es necesario conocer los diferentes estudios realizados con anterioridad sobre morfología urbana y cómo se percibe desde el urbanismo, la arquitectura, la geografía y la planificación territorial.

Los conceptos y estudios sobre morfología urbana fueron iniciados por distintas escuelas. Los primeros conceptos relacionados con la materia surgieron en la década de 1960 en Alemania, ahí surgió el concepto de paisaje cultural sugerido por Otto Schuler, quien daba gran importancia a cómo las formas urbanas estaban

relacionadas o influenciadas por la geomorfología.

Por otro lado, Hassinger y Geisler centraron sus estudios en materia de morfología en tipologías específicas, tales como viviendas y zonas comerciales, obteniendo planos del paisaje urbano alemán reconociendo la fisonomía de sus ciudades.

En Francia Jean Brunhes asimiló el concepto de paisaje cultural en su *Geographie Humaine*, en ella expuso el paisaje cultural definiéndolo como el proceso de transformación e intervención realizado por el hombre en el paisaje natural, esto produce como resultado distintas formas urbanas como las viviendas, las vías, viaductos, los caminos, etc., y todo lo anterior asociado a la ubicación y la creación del paisaje urbano.

R. Dickinson, expresó otra opinión sobre la morfología urbana, este señalaba que la morfología de las ciudades tiene relación la función y la forma, dando lugar a lo que llamamos estructura de la ciudad. En base en ello hay que abordar la morfología desde diferentes perspectivas, como son tamaño-forma-función, con el fin de llegar al análisis de la configuración y construcción urbana.

Urbayen, habla de que la presencia de la actividad humana produce cambios en la fisonomía del paisaje urbano, ya que a partir de las necesidades básicas surgen transformaciones en el espacio urbano.

La visión de los autores norteamericanos, sigue la tendencia paisajística con Carl Sauer, este presta una especial atención al hecho de cómo los elementos presentes en el paisaje urbano se relacionan dando lugar a la morfología concreta. Las formas de las viviendas y las características culturales son un factor relevante a la hora de la transformación del paisaje tanto a nivel cultural como a nivel urbano.

3.2.3 Morfología y estructuras urbanas desde distintas disciplinas

En el urbanismo la morfología o las formas urbanas tienen una estrecha relación con las dimensiones de la estética del espacio urbano. En él se puede apreciar la adecuación, el sentido, la vitalidad, y la accesibilidad de la ciudad. “Las características específicas de rendimiento de las ciudades serán más generales, y fáciles de usar, en el grado en el que el rendimiento pueda medirse solamente respecto a la forma espacial de la ciudad” (Lynch 1985, p. 88).

Friedmann (1960) entiende la ciudad como un fenómeno espacial en relación con la forma. Primero, habla de la teoría del planeamiento, la cual va unida a la planificación urbana, y con ello establece la relación entre lo humano, lo económico y lo político. En segundo lugar, aparece la teoría funcional, esta explica por qué las ciudades han surgido y adquirido dicha forma diferenciadora. Y finalmente expone la teoría normativa, donde van a relacionar los valores humanos y la forma del asentamiento, además de, observar y deducir cuales de las formas presentes en las ciudades están bien concebidas. Todas estas teorías relacionan el modo en qué la ciudad cambia por medio de las edificaciones dando lugar a nuevas formas o morfologías urbanas internas.

Los asentamientos humanos resultan ser la cuestión fundamental para la definición de las formas urbanas (Gans, 1968 en Lynch 1995, p. 43). A colación de lo anterior, se pueden realizar las lecturas de las morfologías urbanas y los elementos presentes en el espacio, puesto que el entorno físico es la pauta espacial para el emplazamiento de nuevas formas urbanas con sus elementos específicos, pero sin dejar de lado los componentes físicos: los edificios, las calles, las instalaciones, las montañas, los ríos (Lynch 1995). De esto se desprende, que el urbanismo conecta aspectos naturales, económicos y sociales, y tiene en cuenta el instrumento de la planificación para así comprender la naturaleza de las formas urbanas. Aunque el urbanismo hace un mayor hincapié en cómo las edificaciones o la situación de las calles afectan la estética natural del paisaje de la ciudad, y cómo dicha estética y diseño de la ciudad viene impuesta y se relaciona con contextos políticos, económicos socio-culturales e históricos.

Por otra parte, el concepto de la planificación urbana a nivel regional establece una relación entre la morfología urbana como el eje principal que se observa en el espacio urbano, el entorno y el hombre:

El hombre a lo largo de la historia ha establecido distintos modos de asentarse en el territorio, de apropiarse del mismo y de doblegarlo a sus necesidades, con el fin de adaptar su existencia a unas condiciones necesaria para sobrevivir en él.

Esto ha dado lugar a distintas y diversas formas de desarrollo del territorio: la forma de organizar y de construir su hábitat, en modo de construir sus viviendas, así la producción e intercambio; todo esto produce nuevas morfologías en el espacio urbano (Mesa 1993).

Las relaciones entre el medio y ser humano también afectan y recaen en cuestiones económicas, políticas y culturales, los cuales “no siempre están presentes en el entorno en cuanto forma física, pero si influyen en su determinación” (Mesa 1993, p. 23). Los producidos en las formas urbanas o morfologías surgen de las relaciones entre los aspectos anteriores, por ello es importante definir la estructura urbano-regional:

[...] el componente urbano y regional, requiere la consideración de la forma urbana y de la forma regional que involucran a su vez, no solo la expresión de las diferentes prácticas de los grupos socio-culturales, en estos ámbitos sino, la organización de los diversos componentes de la ciudad y la región como expresión de la misma estructura urbana y regional (Mesa 1993, p. 24).

Las formas urbanas son una consecuencia de las distintas relaciones con los aspectos políticos, económicos y sociales; estas morfologías pueden ser heterogéneas y no presentar continuidad si se conectan con la planificación urbana aplicada en los espacios urbanos. Las morfologías urbanas presentes en un espacio urbano con inexistencia de planificación urbana resultan ser opuestas a las de un espacio urbano que cuenta con planificación.

Estudios realizados en el campo de la geografía sobre la morfología urbana y el paisaje urbano apuntados por Capel (2002) y además por el Urban Morphology Research Group; establece cómo a partir de los valores del suelo, las oscilaciones económicas, y el crecimiento espontáneo se originan diferentes morfologías urbanas.

En base a él Urban Morphology Research Group la morfología urbana viene dada por las morfogenéticas, las cuales relaciona los ámbitos económico y social. La morfogenética trata los cambios en los usos del suelo, las oscilaciones económicas y la aceptación de la innovación por parte de la sociedad. Por lo que “el desarrollo urbano se relaciona con el valor del uso del suelo en un esquema de crecimiento urbano y el cambio interno en el que la creación y modificación de elementos en el paisaje urbano están asociadas con las presiones en el suelo a lo largo del tiempo y del espacio” (Whitehand 1981).

Las transformaciones en la morfología urbana y el paisaje urbano están relacionadas, según Whitehand (1981), por cambios a distinto ritmo. Ello se produce a partir de variaciones en las funciones, los aspectos sociales y los económicos. Los

cambios en la forma urbana están en relación con el paisaje urbano, puesto que “los cambios morfológicos que se dan en primera medida por los cambios en las edificaciones y en sus fachadas son los que dan paso para los cambios en la estética del paisaje, con ello también cambios en su coste y valor del suelo” (Whitehand 1981 p.17).

Las formas urbanas están en relación directa con la población asentada: “el crecimiento espontáneo de una ciudad se da por los asentamientos alrededor de los núcleos, esto da como resultado las distintas formas urbanas que se dan dentro del perímetro urbano” (Capel 2002). La traza geométrica del plano ortogonal, en el cual se reflejan las formas básicas como son las calles, las manzanas y las edificaciones, ofrecen como resultado la trama urbana. “Las formas urbanas presentes en un plano ortogonal son las que se pueden dar en cualquier tipo de desarrollo. Las calles que se cruzan el ángulo recto, tienen árboles y están trazadas a distancias regulares con una anchura uniforme y heterogénea” (Choay 1970, p. 182).”

Lo expuesto con anterioridad implica que las formas urbanas vienen dadas por su función y la necesidad de las mismas en el espacio urbano, las cuales van a surgir a partir de las calles, edificios y manzanas, que acostumbran estar presentes en el interior de las ciudades y en el denominado trazado en cuadrícula u ortogonal.

En relación con los estudios anteriores, se aprecia que a partir de cada una de las disciplinas como la planificación urbana, el urbanismo y la geografía, observación, relación y deducción del concepto de forma urbana o morfología urbana y los factores influyentes para la creación de las distintas formas urbanas son diferentes, algunos casos consideran las mismas variables para la exposición de sus propias teorías. Hay que señalar que en pocas ocasiones se hacen estudios precisos a la vez que minuciosos de las distintas geometrías que aparecen en el espacio urbano y cómo estas pueden generar cambios por algunos factores geográficos, como es el caso de ejemplo del medio natural, así como también pueden influir la morfología en las catástrofes naturales como por ejemplo el sismo.

3.3 MORFOLOGÍA DE LAS GEOMETRÍAS URBANAS

Las geometrías de una determinada zona urbana están en relación con la observación de los espacios urbanos, si analizamos su contorno (perímetro urbano). Para el análisis morfológico de la forma urbana o geometría urbana se utiliza

imágenes obtenidas con un satélite.

En este aspecto las geometrías urbanas pueden ser diferentes por semejanza en su contorno o en su contorno urbano. Estas discordancias están en consonancia con variables como son la forma, la orientación y la dimensión.

Las pautas de clasificación morfológica para la geometría del contorno urbano son los siguientes:

Forma: La definición más simple de la forma está dada como un todo, que representa algo más que la suma de las partes. Si establecemos una relación con las zonas urbanas las formas son adaptable tanto en su contorno (exterior) como en el interior; en el caso de la forma del contorno urbano las geometrías se pueden identificar de la siguiente manera:

-Circulares u ovaladas

-Alargadas

-Irregulares

-Rectangular

Véase tabla 3.1

Orientación: Se refiere a la orientación de las zonas urbanas respecto al norte:

-Norte – Este

-Norte – Oeste

Véase tabla 3.2

Dimensión: Esta medida de clasificación está en relación con el concepto de geometría y su presencia en el espacio. Las zonas urbanas pueden ser vistas en diferentes dimensiones:

Dos dimensiones o bidimensional: Reconocimiento de la geometría del contorno urbano a partir de dos dimensiones: largo y ancho.

Tres dimensiones o tridimensional: Reconocimiento de la geometría del contorno urbano a partir de tres dimensiones: largo, ancho y alto (entre 2000 y 3000 msnm). Véase tabla 3.2

Tabla 3.1: Morfologías de las geometrías urbanas; contornos. Fuente: propia






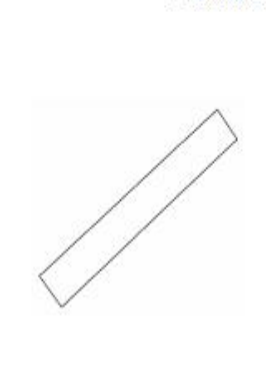






ORIENTACIÓN		SUPERFICIE	
Norte-Este	Norte- Oeste	Bidimensional	Tridimensional
 <p>Fuente: Google Earth Wijler, Holanda 50° 50' 01.08" N 5° 53' 44.99" E</p> 	 <p>Fuente: Google Earth Gulpen, Holanda 50° 49' 02.35" N 5° 53' 23.98" E</p> 	 <p>Fuente: Google Earth Al is kandariyah, Egipto 31° 49' 02.35" N 5° 53' 23.98" E</p> 	 <p>landsat etm 857_03 rgb (5, 4, 3). Alitu 2.650 msnm.</p> 
Wijler.Holanda Fuente: Google Earth	Gulpen. Holanda Fuente: Google Earth	Al is kandariyah.Egipto Fuente: Google Earth	Landsat etm Fuente: Google Earth

Tabla 3.2: Geometrías de las formas urbanas; orientación y superficie. Fuente: propia.

FORMAS			
Circulares	Alargadas	Irregulares	Rectangulares
			
Coimbra. Portugal Fuente: Google Earth	Quito. Ecuador Fuente: Google Earth	Belho horizonte. Brasil Fuente: Google Earth	Gyomro. Hungria Fuente: Google Earth

3.4 MORFOLOGÍA DE LAS ESTRUCTURAS URBANAS

La estructura urbana es entendida como la distribución y orden de las partes con el fin de componer un todo. Capel (2002) asimila las estructuras urbanas principales a las edificaciones (industrial, comercial y residencial), los viales y las manzanas, puesto que estas son las que dan lugar a las distintas morfologías urbanas por su emplazamiento.

En relación a lo anterior, el drenaje, la red viaria y los canales son elementos que influyen en la creación de las distintas estructuras urbanas internas.

La red vial funciona como un sistema de redes de conexión en el interior del espacio urbano; esto puede aparecer en forma totalmente cuadriculada y homogénea, o bien puede presentarse de forma heterogénea.

El estudio de las morfologías de las estructuras urbanas se ocupa a la observación del interior del perímetro urbano. Para ello es necesario la investigación y observación minuciosa de imágenes por satélite con alta resolución espacial, ya que si lo observamos al detalle permite la visualización de las diversas estructuras urbanas.

Con el estudio y análisis de las imágenes de satélite de alta definición espacial tenemos la posibilidad de identificar las distintas morfologías que se presentan en las zonas urbanas.

En relación a lo anterior se proponen las siguientes clasificaciones morfológicas.

Los criterios de clasificación morfológicos para las estructuras las distintas urbanas son los siguientes:

a) Usos del suelo: En el interior del perímetro urbano hay servicios y funciones de estos, que dan lugar a estructuras urbanas diferentes. Dentro de los usos del suelo se suelen distinguir tres categorías:

Residencial: Las estructuras urbanas que se crean a partir de la ubicación de las zonas residenciales se pueden presentar de diversas formas como caracol, entre otras.

Industrial: Las estructuras urbanas que tienen una relación con la industria son formas homogéneas con edificaciones amplias en la mayoría de los casos. También se pueden presentar en forma de entramado en forma de cuadrícula, entre

otros.

Espacios abiertos: Las estructuras generadas por los espacios libres, abiertos o zonas verdes se pueden tener estructuras con formas geométricas como: estrella, círculo, óvalo y polígono. Véase tabla 3.3.

b) Estructura de las formas urbanas: Estas son consecuencia de la localización y el emplazamiento de los distintos usos del suelo expuestos anteriormente.

Dentro de las formas de la estructura urbana aparecen las siguientes:

Estructura lineal: Esta se puede presentar por una ubicación en las cercanías a un río o a la costa.

Estructura radial: Decimos que una estructura es radial si está relacionada con el crecimiento y desarrollo urbano, funcionando como un eje o radio principal del cual se desprenden diferentes usos del suelo, servicios y funciones.

Estructura concéntrica: Esta estructura se da el interior de las zonas urbanas en la cuales hay concentraciones o aglomeraciones sin una estructura homogénea determinada, producto de altas densidades de población o bien son el producto de asentamientos aleatorios. Véase tabla 3.4

c) Sistema viario: El sistema viario funciona como una red de interconexiones en el interior de las zonas urbanas, la trama del viario se puede presentar en formas urbanas o estructuras tales como:

Cuadrículada o en damero: Donde las calles se conectan de forma rectilínea.

Irregular o heterogénea: Donde las calles se conectan entre sí partiendo desde todas las direcciones. Véase tabla 3.5.

Tabla 3.3: Formas de las estructuras urbanas; según usos del suelo. Fuente: propia.

Usos del suelo		
Industrial	Residencial	Espacios abiertos
		
Polígono industrial. Madrid. España Fuente: Google Earth	La Bucaramanga. Colombia Fuente: Google Earth	Ciudad Copenhague. Dinamarca Fuente: Google Earth

Tabla 3.4 Formas de las estructuras urbanas; según formas estructurales. Fuente: propia.

Formas estructurales		
Radial	Lineal	Concéntrica
		
Río de Janeiro. Brasil Fuente: Google Earth	Castellón. España Fuente: Google Earth	Yokohama. Japón Fuente: Google Earth

Tabla 3.5 Formas de las estructuras urbanas; según sistema viario. Fuente: propia

Sistema viario	
Cuadrícula	Irregular o heterogénea
	
<p>Ciudad Lima, Perú Fuente: Google Earth</p>	<p>Ciudad Bruselas, Bélgica Fuente: Google Earth</p>

3.5 TEXTURA URBANA

La textura urbana es entendida como la agregación de las unidades menores que se organizan para formar una textura determinada. En el contexto del urbanismo, es analizado en el interior del perímetro urbano que presenta diferentes morfologías producto de la unión de los elementos de menor categoría. Estos elementos básicamente son las infraestructuras urbanas, bien sean de carácter residencial, industrial y comercial, entre otros.

Para el análisis de las morfologías en lo referente a las texturas urbanas es necesario la observación de imágenes de alta definición espacial. A partir del análisis de las imágenes de satélite de alta definición espacial, se puede identificar las diferentes morfologías de las texturas urbanas, los criterios a seguir para la clasificación son: Tabla 3.6

Tabla 3.6 Texturas urbanas. Fuente: propia.

TEXTURAS DE LA TRAMA URBANA	
	TEXTURA GRUESA
	TEXTURA MEDIA
	TEXTURA FINA

3.6. MORFOLÓGICA Y VARIANTES SOCIOECONÓMICAS, NATURALES CULTURALES

En el apartado anterior, analiza la morfología de las zonas urbanas desde la perspectiva de las geometrías urbanas, seguido de la morfología de las estructuras urbanas y, finalmente, a partir de la morfología de las texturas de la trama urbana. Cada una de ellas tiene sus propios criterios de clasificación para cada patrón.

Considerando lo anterior, aquí se relaciona las morfologías urbanas expuestas anteriormente con variables socio-económicas, naturales y culturales.

Dada esta interconexión es posible analizar cómo estas variables influyen en las zonas urbanas para la creación de las estructuras y las diferentes morfologías en interior y el exterior de las zonas urbanas. Para cada caso se muestra un ejemplo para contextualizar dicha relación.

3.6.1 La forma urbana y el entorno natural

La ubicación de las zonas urbanas puede dar lugar a distintos ambientes o entornos naturales, como litorales, cañones, altiplanos, piedemontes o en zonas cercanas ríos, entre otros. La localización en el espacio de zonas urbanas en diferentes entornos naturales habitables favorece a que, su morfología geométrica urbana, y su morfología de estructura urbana, produzcan formas y morfologías diferentes, como es el caso de los siguientes ejemplos.

a) Zonas urbanas de carácter alargado en valles o cañones.

Esta zona se encuentra ubicada en los cañones de Barranca de cobre, emplazados en la zona sur de México. Es posible analizar que la localización de la zona urbana está condicionada por la margen del río Batopilas, así como de las áreas cercanas al cañón. Dando lugar a una morfología de la geometría urbana de carácter o forma alargada. Véase tabla 3.7

Tabla 3.7 Morfología y aspecto natural. Fuente: propia

Morfología y aspecto natural	
Zonas Alargadas	Zonas Simétricas
	
Cañones Barranca de cobre. Río Batopilas. Méjico. Fuente: Google earth	Cerro verde. Chile Fuente: Google earth

b) Zonas urbanas que presentan simétricas en zonas costeras o de litoral

Las zonas urbanas emplazadas en zonas costeras adoptan por regla general una morfología de carácter simétrico, la cual es visible a lo largo de la zona litoral. Del mismo modo la morfología geométrica del contorno urbano se convierte en algunas ocasiones en una estructura de carácter simétrico y al mismo tiempo que

alargada, como ocurre en el Cerro verde, Chile. Véase tabla 3.6

3.6.2 La morfología y su relación con el aspecto socio-económico

Si hablamos de economía, nos referimos a sistemas de producción y de la distribución de bienes y servicios. Es posible considerar el aspecto socioeconómico como un posible indicador de las distintas morfologías que se dan en el interior de las zonas urbanas. Es decir, si realizamos un análisis morfológico de cuáles son las estructuras que aparecen en las zonas residenciales, y a su vez comparamos zonas con diferentes estratos socio-económicos; a continuación, podemos verificar una relación con los diferentes criterios de clasificación morfológica para las estructuras urbanas. Véase tabla 3.8

Tabla 3.8 Morfología y aspecto socio-económico. Fuente: Propia

Cotejo de niveles socio-económicos en Bogotá	
	<p>Localidad de Usaquén. Bogotá nivel 4</p> <p>La morfología que se puede ver en el nivel 4 es de tipo homogéneo con una estructura urbana en cuadrícula. El espaciamiento existente entre los edificios residenciales es mayor que en otros ejemplos de los niveles 3 y 1. En este ejemplo vemos que la forma de las estructuras residenciales está en relación directa con la textura gruesa ya que se pueden apreciar las estructuras morfológicas y la infraestructura ligadas a ellas.</p>
	<p>Los Mártires. Bogotá nivel 3</p> <p>La forma urbana que vemos en este ejemplo es similar a la anterior, se puede catalogar como una estructura residencial homogénea, allí pueden identificarse el entramado cuadrículado, pero a diferencia del ejemplo anterior el espaciamiento de la zona residencial es más reducido.</p>
	<p>Ciudad de Bolívar. Bogotá. Nivel 1</p> <p>En esta ocasión del nivel socio económico de nivel 1, Vemos que se presenta una mayor concentración o aglomeración residencial, con una estructura de carácter heterogéneo. Por aglomeración del este nivel socio económico 1, debido a la afluencia de infraestructuras residenciales y comerciales, no es posible identificarlas todas las estructuras morfológicas.</p>

3.6.3 La morfología y el aspecto cultural

Un análisis morfológico de las estructuras internas presentes en distintas zonas urbanas, es posible considerar que la morfología urbana que encontramos en algunas de las ciudades a nivel mundial es debida a su propia cultura. Es decir, las estructuras urbanas existentes son fruto de su historia y su cultura. La forma urbana medieval está compuesta por la muralla, las calles, el mercado y la iglesia, junto con la gran masa de edificios a lo largo de la ciudad y los jardines destinados como

espacios privados (Morris J. 1984, p. 105.). Ello da lugar a formas y estructuras urbanas planificadas y estudiadas el plano antes de su ubicación.

Si por el contrario nos referimos a las estructuras y formas urbanas musulmanas o islámicas, es posible observar que en estas zonas los factores más importantes, para el crecimiento a la vez que el desarrollo eran las mezquitas y el mercado, estos actuaban como un centro neurálgico para después favorecer el crecimiento a partir de las mismas.

La estructura urbana y forma de las ciudades de América del sur están relacionadas con la presencia española. La principal característica de la forma urbana de origen español es la ubicación de una gran plaza mayor con su iglesia o catedral en la parte central; desde esta comienza el crecimiento urbano.

Si analizamos morfológicamente desde este contexto las zonas urbanas para observar cuales son las estructuras que sobresalen y se relacionan con el aspecto cultural propio. Obtenemos la siguiente tabla. Véase tabla 3.9.

Tabla 3.9 Morfología y cultura. Fuente: propia

Morfología y cultura	
	<p>La ciudad de Roma. Cultura romana</p> <p>Roma se caracteriza por presentar una morfología urbana en forma de cuadrícula o damero, generando un sistema viario no tan homogéneo, pero a pesar de ello las vías están conectadas entre sí de forma rectilínea en distintas áreas de la zona urbana.</p>
	<p>La ciudad de Paris. Francia. Ciudad de origen medieval</p> <p>Paris presenta la particularidad de encontrarse entre murallas; dichas murallas provienen de siglos pasados, las cuales eran un factor defensivo contra posibles ataques. Por ello presentan una simetría total en sus calles, esta estructura interna de la ciudad de origen medieval podría estar relacionada con el sistema viario en cuadrícula totalmente heterogéneo y simétrico.</p>
	<p>La ciudad de Montevideo. Uruguay. Capital colonial española.</p> <p>Caracterizada por establecer una cuadrícula vial de trazado y sentido transversal, esta colonia española presenta una morfología urbana similar en ciudades coloniales de América del Sur, como es también el caso de Bogotá, Cuzco, Panamá etc. Estas ciudades surgen a partir de la colocación de la iglesia o catedral, siendo esta el eje principal para dar inicio a la zona urbana. Colocando el resto de servicio de la ciudad entorno a ella.</p>
	<p>Jerusalén, Tierra Santa. Ciudad cristiana y musulmana.</p> <p>Esta ciudad se caracteriza por presentar una morfología urbana basada en torno a la mezquita. Siendo estos elementos organizadores del espacio. Por ello las estructuras urbanas que se encontramos en el caso de las ciudades cristianas como es el caso de Jerusalén; y las musulmanas como Irán, Afganistán, etc.; presentan una estructura concéntrica y un sistema viario heterogéneo.</p>

3.7 RELACIÓN DE LA MORFOLOGÍA Y LOS DESASTRES NATURALES

La ubicación de la población junto con la disposición de las edificaciones en el territorio, en relación con las diferentes amenazas naturales presentes en el, es una de las variables más importantes en el momento de los desastres. Por ejemplo, uno de los fenómenos naturales más importantes de los últimos 15 años fue el huracán Katrina en el 2005, el cual asoló la zona de New Orleans, en EEUU, el 70% de los barrios inundados correspondía al 90% de la población más vulnerable de la ciudad, Los cuales estaban ubicados en zonas potencialmente inundables.

Otro ejemplo que encontramos en la ubicación y disposición que presentan las edificaciones en el territorio, es el urbanismo denominado de ladera, este se concentra en zonas de América del Sur y América Central, en países como Colombia, Perú, México, Honduras, se trata de asentamientos de carácter provisional, en su origen, en zonas periféricas de difícil urbanización que transforman el medio de la zona donde se ubican desestabilizando el equilibrio natural existente, dando lugar a un incremento de la magnitud de los desastres naturales. A destacar el caso de Manizales en Colombia, en la que se emplean tipológica y normas de distribución que no son apropiadas para este tipo de terrenos, donde el uso de modelos urbano y formas de agrupación para estas topografías no son diferentes de los empleados en la cuadrícula tradicional. Evidenciándose una separación urbana en la cual el barrio no destaca como algo reconocible, ni existe unidad social, ambiental o funcional como tal; y si de algún modo lo es, es percibido en la morfología por duplicación.

La planificación del uso del suelo posibilita la ayuda necesaria para mitigar los desastres y reducir los riesgos al impedir los asentamientos y la construcción de instalaciones importantes en áreas propensas a desastres, incluida la consideración de las rutas de transporte, energía, abastecimiento y saneamiento otros servicios críticos.

Para ello se pueden tomar medidas estructurales, que consisten en la construcción física para minimizar o evitar posibles impactos de las posibles amenazas, o la aplicación de técnicas basadas en la ingeniería para mejorar la resistencia y capacidad de recuperación en las estructuras o sistemas;

O bien medidas no estructurales las cuales no implican la construcción física, utiliza el conocimiento, práctica o acuerdo para reducir los riesgos e impactos, en

particular a través de políticas y leyes, la sensibilización del público, la formación y la educación.

Un ejemplo de posibles soluciones de carácter estructurales frecuentes para la disminución del riesgo de desastres incluye presas, control de zonas inundables, diques oceánicos, construcción resistente a los terremotos y los refugios de evacuación. Por otro lado, las medidas no estructurales comunes son los códigos de construcción, las leyes de ordenación del territorio y su aplicación, investigación y evaluación, recursos de información, y los programas de sensibilización pública.

3.8 EL VALOR DE LOS ESPACIOS ABIERTOS

Para ciudades afectadas por eventos impredecibles como terremotos y tsunamis, de manera continuada, los espacios abiertos asumen un nuevo uso más allá de sus usos preestablecidos como agentes catalizadores en el apoyo y en la reconstrucción de la ciudad. Durante el sismo de Lorca por ser el ejemplo más cercano, se produjo un cambio de habitar las viviendas a habitar los espacios abiertos de forma temporal, este hecho planteó nuevos retos urbanísticos en su uso como un activo urbano con capacidad de absorción y de mitigación ante un evento catastrófico. Controlar los impactos de un desastre es imposible, con lo que se demanda una nueva visión que apunte a desarrollar un sistema que reconozca las oscilaciones ambientales de una orografía en continuo movimiento, además de proporciona una continuidad ecológica y ambiental al territorio en sus diferentes escalas, para constituir un cambio en el paradigma del diseño urbano y la planificación.

3.8.1 Espacios abiertos ocupados de acuerdo con el uso efectivo

De acuerdo con su uso tradicional, el uso efectivo y basado en el estudio de investigación desarrollado, es posible clasificar los espacios abiertos ocupados tras un sismo en siete tipologías diferentes:

Espacios de carácter público

Parques, plazas, calles y pasajes, concurridos en su mayoría como espacios seguros ante la inestabilidad de lo edificado y como espacios de reunión de carácter comunitario.

Espacios de carácter colectivo

Espacio privado de carácter u uso público, tal como parking en zonas residenciales, pabellones deportivos, campus universitarios, centros comerciales, recintos feriales), ocupados por un extenso período ante la inhabitabilidad de las edificaciones.

Espacios agrícolas

Suelen ser de carácter forestal, huertos y parcelas, concurridos en su mayoría como espacios seguros ante la alerta de sismo, erupción volcánica, tsunami etc.

Zonas verdes

Áreas verdes normadas en Planes urbanísticos, las áreas verdes o zonas verdes de bloques de viviendas y equipamientos deportivos en zonas de barrio, ocupados en su mayoría como espacio de seguridad ante la inestabilidad de lo edificado.

Áreas naturales o silvestres

Riberas de los ríos y lagunas, pantanos, laderas y mesetas, ocupados por población localizada cerca del litoral amenazada ante el peligro de tsunami. Estos Dichos espacios abiertos registraron mayor permanencia en su uso por su condición ecosistémica o bien por la proximidad a los recursos.

Zonas vacantes

Áreas sin urbanizar en zona de expansión urbana de desarrollo inmobiliario a los que se asiste ante la amenaza de tsunami.

Terrenos en barbecho

Terrenos que no presenta un uso definido cercanos a infraestructuras viales y alejados de las zonas costeras, principalmente ocupado ante las alertas de tsunami.

3.8.2 Espacios abiertos ocupados según el tipo de suceso.

Los distintos espacios abiertos concurridos que suelen dar respuesta ante la necesidad de seguridad y de generar una habitabilidad transitoria durante la catástrofe. Muchos de ellos son ocupados en función de su localización y del tipo de evento: terremoto o tsunami. Así, se tienen tres respuestas: espacios abiertos

concurridos por amenaza o alerta ante tsunami, inestabilidad de lo edificado e inhabitabilidad de lo edificado

Tsunami o alerta

Según su localización, se distinguen dos principales:

1) Alejados del borde costero, que son espacios abiertos naturales sin desarrollo urbano.

2) Sobre el nivel del mar, en altura se trata terrenos elevados próximos al área afectada, ubicados su en su mayoría en las zonas de mesetas de la Cordillera de la Costa.

Ubicados en zonas residenciales sobre laderas y mesetas, algunos de los espacios son abiertos sin propietarios aparentes y sin grandes obstáculos para ser ocupados, lo que permite su uso rápidamente. Estos espacios públicos, zonas verdes, lugares en los cuales no existe un desarrollo inmobiliario en expansión, áreas naturales o silvestres, áreas forestales y, en menor medida, terrenos en barbecho junto a infraestructuras de carácter vial, con una gran capacidad de absorción y acumulación de personas y cuyas dimensiones permiten la instalación y organización de asentamientos de carácter transitorio.

Cuando las edificaciones son inestables

Se ocupan los espacios abiertos cercanos o inmediatos a la propia vivienda si esta no presenta peligro de derrumbe: espacios públicos, colectivos y zonas verdes. Con una capacidad media de absorción, facilitan una rápida y controlada organización de los asentamientos.

Cuando no es posible habitar lo edificado

Se habita todo espacio abierto en las cercanías y espacios abiertos lejanos a la vivienda inhabitable, si no existe peligro de derrumbe: espacios de uso colectivo, áreas naturales, zonas verdes.

3.8.3 Espacios abiertos ocupados y el sistema urbano

Cuando la traza urbana no es homogénea, es un factor a tener en cuenta frente al desplazamiento de la población y la posterior ocupación del espacio de tipo abierto: la accesibilidad inmediata a una vía de escape, el reconocimiento de los espacios de evacuación y la conexión entre el entorno y la ciudad. Así la trama

de la ciudad con su tejido urbano, si se da el caso en que este es compacto aporta identificación de las conexiones, sin problemas de accesibilidad y de evacuación.

Por contra, las tramas urbanas cuyas zonas periféricas están caracterizadas por la discontinuidad y la autonomía entre sí como es el caso de los “archipiélagos urbanos” dificultan en gran medida la accesibilidad al espacio abierto. Lo mismo sucede en los espacios ocupados sobre mesetas, por lo que se pierde la modularidad obligatoria como espacio abierto de carácter resiliente.

En cuanto al sistema urbano, todos los espacios abiertos ocupados suelen estar próximos a una vía rápida de evacuación, como una calle, ruta, avenida y pasaje que, en función de los desplazamientos de la población desde su vivienda en origen o propia hacia los espacios abiertos, se encuentran en dos categorías: ocupación cercana y ocupación lejana a la vivienda propia.

Ocupación de espacios abiertos próximos a la vivienda de origen

Son espacios abiertos ocupados por la inseguridad o la inhabitabilidad de lo edificado, cercaos a la vivienda propia y dentro de la propia trama, sin grandes problemas de accesibilidad.

En el tejido urbano se distinguen dos situaciones: desplazamiento menor o casi inexistente en zonas residenciales en la periferia urbanas de tipo “ciudad jardín”, cuyas calles son amplias con zonas verdes y jardines y aquellas en las que el desplazamiento es mayor en búsqueda de los escasos espacios públicos como parques y plazas, en áreas residenciales en las zonas del centro que cuenta con una alta densidad poblacional.

Ocupación de espacios abiertos lejos de la propia vivienda

Estos son espacios abiertos que son ocupados por amenaza o alerta de eventos como es el caso de los tsunamis, situados en las zonas de carácter montañoso en la Cordillera de la Costa sobre laderas y mesetas. Los mayores desplazamientos se dan desde zonas residenciales periféricas hacia los cerros utilizando las calles y avenidas, dependiendo de su dimensión de estas permiten una mayor o menor capacidad de absorción —contención de centenar de personas que huyeron hacia un mismo sentido en tiempo y espacio—. Sin embargo, a causa de la variación del trazado en el momento del desplazamiento —de trama redundante a cuando solo hay vía única y sinuosa— se producen embotellamientos por el

cambio de dimensión y por escaso acceso. Este tipo de vulnerabilidad debe estudiarse en el proceso de diseño urbano-

3.8.4 Espacios abiertos ocupados y tiempos de permanencia

Estos espacios abiertos se ocupan en diferentes períodos en función el tipo de evento, la inhabilitación y la amenaza de un tsunami. Ante este hecho, los espacios abiertos concurridos se subdividen en tres intervalos temporales o de tiempos de ocupación:

- 1- La ocupación por menos de una semana; muchos de ellos se ocupan solo en la primera noche del evento;
- 2- La ocupación por una semana, hasta que desaparece el miedo.
- 3- La ocupación con tiempo superior a una semana, con la correspondiente la instalación de viviendas transitorias de duración indefinida, tipo campamento.

La ocupación por menos de una semana

En mesetas despejadas o zonas naturales que cuenta con una infraestructura. Dichos espacios se encuentran en alto con dominio visual sobre el entorno afectado y dentro del sistema urbano.

La ocupación por una semana

Suelen ser zonas verdes, calles secundarias, áreas de aparcamiento y áreas naturales. Son espacios delimitados y acotados cercanos a la edificación que ha sufrido algún daño.

La ocupación con un tiempo superior a una semana

Suelen ser zonas naturales y áreas vacías sin propietario aparente, como espacios públicos y colectivos reconocidos por la propia comunidad, ubicados junto a una calle de baja intensidad de tráfico, de rápida conexión, y que cuentan con alguna infraestructura, como agua, luz, etc. Especialmente, las familias con pocos recursos y alejadas de su residencia se suelen utilizar materiales reciclados para la instalación de viviendas de carácter provisionales.

Esto genera que el espacio abierto constituya una “segunda ciudad” y adquiere un nuevo valor y consideración más allá de los usos tradicionales, como agente activador de la reorganización y posterior proceso de reconstrucción de la ciudad. Se trata de un factor determinante en el proceso de adaptación en una

ciudad afectada por terremotos, se revela como un activo urbano, sirviendo como protagonista en el proceso de restablecer el equilibrio del sistema entre acciones de reconstrucción y las necesidades de un territorio afectado por continuos seísmos. Muchos son parte de elementos geográficos singulares con un gran valor patrimonial y de rápido reconocimiento por ser un hito colectivo de la ciudadanía: como son, ríos, lagos, los cuales aportan un servicio en cuanto a dotación de recursos como el agua en momentos de catástrofe.

Estas zonas suelen estar destinadas a la explotación de carácter forestal y al desarrollo inmobiliario, por lo que puede dar lugar a un conflicto socio-urbano revelando una gran vulnerabilidad ante un próximo evento. Por ello surge la necesidad de estudiar y reevaluar estos desde el punto de vista de la resiliencia urbana, ya que crea la posibilidad de incorporar y conectar el diseño urbano con otras variables sociales, ecológicas y así contribuir a futuros diseños del espacio abierto y su inclusión en la ordenación del territorio para la adaptar las ciudades vulnerables a terremotos y tsunamis.

3.8.5 Espacios abiertos, diseño urbano y resiliencia

En este apartado, se ha partido de la definición de espacio abierto como todo aquel espacio que no presenta edificación, noción elemental que abarca acepciones tanto del urbanismo tradicional —donde el espacio abierto se entiende como sinónimo del espacio público, opuesto del espacio privado— plazas, calles y zonas verdes o parques (Schlack, 2008), así como en el urbanismo más reciente —en el cual incorporamos las acepciones de espacios colectivos como si estos espacios público-privados—, de administración privada, pero de uso público y a aquellos que en un determinado instante están vacantes como es el caso de terrenos en barbecho y de aparcamiento (Pollack, 2006).

A nivel metropolitano, se han desarrollado diversas investigaciones sobre el espacio abierto, hay quienes lo plantean como un espacio no ocupado, elemento que sirve de base a la forma metropolitana y estructura del crecimiento urbano (Font, Llop y Vilanova, 1999), otros lo definen como un espacio libre que resiste al proceso urbanizador y está protegido ante las infraestructuras metropolitanas (Font, 2004) o bien, como un espacio no urbanizado (Sabaté, 2003, p. 190), el cual desempeña un papel importante en el planeamiento urbano, bien sea como apoyo

de infraestructuras y bien en los desarrollos urbanos, también puede ser factor de equilibrio ambiental en las áreas urbanas (Galindo, 2004).

Desde el punto de vista del urbanismo tradicional la ciudad compacta, el espacio abierto existente es producido como una respuesta funcional a una ciudad eficiente, higiénica y ordenada, con una serie de parámetros, definidos y predecibles, en la que ni siquiera se considera su diseño urbano específico. Por el contrario, en la ciudad fragmentada del urbanismo de nuestros días—concebida a partir de las infraestructuras y unidades de viviendas, de producción, de administración y además elementos de carácter natural— los espacios abiertos son lugares extraños, ajenos a la lógica de la ciudad. Pero para ciudades que sufren reiteradamente los efectos por eventos impredecibles, como los terremotos y tsunamis, estos espacios abiertos de distintas idiosincrasias y condiciones adquiriré un nuevo valor de cara a la ciudad.

Los espacios públicos tras los terremotos, se utilizan de distinta manera a la habitual. Las calles se convierten en vías de escape, mientras las plazas y parques son normalmente un lugar para la recreación y encuentro, se convierte en los lugares elegidos para la pernoctación. Pasan de tener un uso recreativo y estético a ser utilizados como refugio y resguardo (Villagra, 2010).

Recientes trabajos relacionados con el urbanismo y la ecología mediante el concepto de resiliencia, introducido en 1973 por Holling, ha dado lugar al planteamiento de si el espacio abierto se trata una herramienta efectiva para frente a la incertidumbre en los instantes posteriores al evento.

Dando lugar a la consideración de este como un bien altamente cotizable en el contexto de una catástrofe (Rodríguez, Wirsching, García y Pérez, 2010). Según Holling, la resiliencia hace un especial hincapié en las condiciones que se encuentra un sistema ante constante búsqueda del equilibrio, en el cual las inestabilidades pueden cambiarlo para que presente otro tipo de reacción en momentos críticos, variando su comportamiento. Es por ello, que la resiliencia es cifrada por la magnitud de perturbaciones que pueden ser absorber el sistema antes de que este sea sometido a un proceso de reorganización con diferentes variables y procesos. Posteriormente, Walker y Salt, en su obra *Resilience Thinking* e influidos por la teoría de Holling, la complementan describiendo la resiliencia como “la capacidad de un sistema de absorber cambios y reorganizarse durante la presión de una nueva situación conservando esencialmente su función, estructura e identidad” (Walker

y Salt, 2006, p. 12), con ello aportan su identificación, medición y la capacidad de absorción de un sistema a través de variables socioecológicas que lo hacen resiliente.

Si tratamos de entenderla ciudad como si se tratara de un sistema urbano complejo, que logra explicar la resiliencia urbana como aquella capacidad que tiene una determinada zona urbana a responder a las perturbaciones externas — catástrofes naturales como terremotos y tsunamis— y después reorganizarse sin perder su capacidad de funcional, estructural e identidad frente a un nuevo escenario. Partiendo de esto, es posible analizar los sistemas urbanos los cuales sufren de modo continuado catástrofes naturales, y así ahondar en la integración del diseño urbano en los planes de restablecimiento o en futuras revisiones urbanísticas, en las cuales se entienda la resiliencia como una nueva concepción frente al diseño del espacio abierto, de modo que no solo pueda contribuir de forma importante a la calidad de la vida urbana, sino además ser el soporte esencial de la vida y a su vez un agente en la recuperación de la ciudad en caso de un posible evento catastrófico. Algunos autores resaltan que:

Los espacios abiertos se transforman en un refugio temporal a miles de personas que necesitan adaptarse muy rápido a su nuevo entorno durante días, meses o incluso años. Después de un gran evento catastrófico, la trama del espacio abierto se convierte en una especie de “segunda ciudad”, son múltiples sus funciones tales como la vivienda, la distribución de bienes y servicios, el restablecimiento del comercio, hábitat temporal, además de un lugar donde depositar los residuos o de materiales peligrosos (McGregor, 1998).

Este tipo de catástrofes provoca una nueva forma de mirar hacia los espacios abiertos como un referente urbano que permite garantizar la protección de los ciudadanos y la ciudad en si misma durante un sismo, un tsunami incluso en el periodo dedicado a la reconstrucción.

Por ello, en la planificación y el diseño urbano de una ciudad sometida a eventos catastrófico, más que intentar controlar los impactos de la catástrofe, se pide una nueva visión que se dirija a desarrollar un sistema donde sea posible reconocer las variaciones ambientales de un relieve singular y en continuo cambio, como un instrumento abierto, para dar continuidad ambiental a distintas escalas (Todaro, 2007, p. 5). No obstante:

La mayoría de los estudios sobre terremotos se enfocan en las ingenierías y en las áreas sociales. Lo que sea relacionado al urbanismo, como un lugar de respuesta y recuperación, o es cuantitativo y extremadamente específico o muy generalizado para ser de gran uso [...].

Una mala relación entre el urbanismo y recuperación en las ciudades propensas a eventos sísmicos tiene el potencial de crear ciudades en la cuales nadie querría vivir (Allan, 2010, p. 2). Registros históricos dan a conocer que los espacios abiertos son utilizados y adquiridos temporalmente para albergar a la población tras una catástrofe. A día de hoy, esta integración del diseño urbano a los planes de reconstrucción y regeneración, así como en futuras planificaciones tras una catástrofe no se ha estudiado lo suficiente. Es por ello, que si la ciudad opera como un sistema urbano el cual está expuesto de manera continuada a perturbaciones externas, ¿Es posible diseñar un sistema urbano capaz de asimilar o absorber cambios y que, a la vez, presente otra unidad temporal y mantenga el equilibrio?

Desde el diseño de una ciudad considerando la resiliencia urbana plantea la necesidad es establecer una vinculación entre resiliencia y diferentes corrientes de planeamiento sobre el diseño urbano. Según Allan y Bryant (2010), esto es posible partiendo de una comprensión de resiliencia como concepto, no como un valor absoluto, sino como una serie de relaciones en continuo movimiento, en relación a la peculiar estructura de la ciudad y sus funciones. De ahí reconocemos algunas variables de resiliencia las cuales son compatible con las zonas de diseño urbano que van a permitir estudiar el espacio abierto; se trata pues: de la diversidad, variabilidad del ecosistema, modularidad y los servicios. Así, cuando se pretende diseñar una ciudad resiliente, se considera la diversidad como la capacidad de un sistema urbano en ser capaz de ofrecer varias respuestas u opciones dentro de un contexto de emergencia. Esto lo podemos observar desde diferentes escalas, una como es la ciudad, en la cual las distintas tipologías de los espacios abiertos son capaces de albergar una gran cantidad de funciones para el día a día y después presentar un nuevo comportamiento en momentos de incertidumbre que faciliten la recuperación.

“Un recurso para aumentar oportunidades futuras en la capacidad del sistema para responder al cambio en diferentes formas. Mientras más diversidad, más

se mejora la capacidad de adaptación a un amplia e impredecible cantidad de circunstancias” (Walker y Salt 2006, p. 145).

El siguiente aspecto es la variabilidad del ecosistema, esta es en comprendida como las variaciones ambientales en el territorio. Se puede ver desde el espacio abierto ocupado emplazado en zonas propensas a variaciones físicas del territorio y además desde la aportación de dichas zonas a la configuración que presenta el paisaje urbano.

Cuando el territorio esta en continuo movimiento este se puede modelar, la variabilidad del ecosistema es alterada; esto disminuye la capacidad del sistema para producir respuestas para la su adaptación y por ello el sistema se debilita. Los servicios están vinculados a los espacios abiertos. Estos son un apoyo para la habitabilidad frente a un seísmo, puesto que son espacios que cuentan con los servicios de infraestructura básica como puede ser el agua.

La modularidad de todos es sabido que es la repetición e impregnación de la morfología urbana desde su lógica más formal.

Así pues, los múltiples y variados espacios abiertos ocupados tienen un variado tipo de respuestas, al mostrar una variada gama de soluciones para contrarrestar las situaciones provocadas por un terremoto, lo que da una gran capacidad de actuación y además de adaptación. De otra parte, la modularidad, la traza urbana discontinua y fragmentada de tramas independientes regulares entre sí dificultan e impiden, en algunas ocasiones, la evacuación y desplazamiento de la población hacia espacios abiertos seguros, debido a la desarticulación del trazado urbano entre las zonas externa y las internas; esto va a generar conflictos de accesibilidad y vulnerabilidad en los movimientos poblacionales en el momento del evento sísmico.

Del mismo modo, la inexistencia de un sistema urbano con morfologías moduladas en dirección a sistemas de múltiples centros ocasiona la incomunicación y el aislamiento de los barrios dentro de una misma ciudad. Por lo que la modularidad es un elemento de diseño muy importante a la hora de realizar los trazados urbanos en zonas con eventos sísmicos y donde la permeabilidad es también un elemento en el diseño de tramas urbanas resilientes.

Por otro lado, la variabilidad del ecosistema se puede entender como un factor que atenúa los riesgos del sistema urbano. Ante esta circunstancia, es

necesario el estudio de esta variable ya que en la ciudad puede estar emplazada en terrenos propensos a riesgos naturales: zonas de playa con riesgo de inundación, tsunami, zonas con deslizamientos de ladera, zonas próximas a fallas del terreno, entre otros, los cuales pueden haberse ocupado de manera sistemática por el crecimiento urbano de carácter residencial o industrial. A la vez, esas zonas que tienden a presentar variaciones ambientales y que no son ocupadas se encuentran en una situación de subutilización y marginalidad del sistema urbano.

Desde el punto de vista de los servicios, la diversidad de elementos de agua como cursos de ríos, lagos, lagunas, humedales, embalses y canales, permiten el abastecimiento del recurso hídrico, lo que permite la habitabilidad de la zona tras el suceso sísmico, en ocasiones donde no fuera posible el abastecimiento por las vías comunes, bien por no poder llegar el suministro desde otras zonas vía transporte, por fallo del sistema de abastecimiento de la ciudad. La inclusión de zonas o áreas de alto valor ecológico al sistema propicia que los espacios de uso públicos de una ciudad sean capaces de integrar servicios de carácter básico para una posible habitabilidad de tipo transitorio.

Debido a, que, durante el estudio de los espacios abiertos ocupados tras un sismo, se observó que un nuevo aspecto de este, su capacidad de adaptación o flexibilidad espacial para albergar diferentes escenarios sin perder la función para la cual fue diseñado. Si bien se pretende contribuir a la valoración de la resiliencia de la red de espacios abiertos de la ciudad, no podemos predecir con exactitud una magnitud capaz de medir la flexibilidad de un espacio abierto en concreto, pero si deducir que cuanto mayor es el periodo de ocupación de este espacio, mayor es la adaptabilidad de este, donde la menor o mayor permanencia se encuentra relacionada con factores como la conectividad y la delimitación en el espacio, esto último relacionado con el tamaño y los límites reconocidos como espacio seguro.

En resumen, el sistema urbano funciona con mayor o menor resiliencia en la medida de que las cuatro variables anteriores coexistan de modo simultáneo en el espacio abierto, ya que la inexistencia de alguna de ellas origina la desaparición de su condición resiliente.

Como resultado del análisis, los espacios abiertos ocupados en su gran mayoría después de un terremoto presentan una capacidad de resiliencia baja. De esto se puede afirmar que, al estudiar el espacio abierto desde las variables anteriores, es posible identificar el valor de estos espacios como activos para las

ciudades resilientes, planteando la necesidad de la coexistencia de un sistema de espacios abiertos que albergue las diferentes situaciones que se dan en tiempos de emergencia: evacuar, resguardar y permanecer en zonas de habitabilidad transitoria.

La resiliencia urbana del espacio abierto, adquiere una mayor importancia que el resto del sistema urbano, puesto que ofrece oportunidades para potenciar solo un uso sostenible del territorio y controlar el crecimiento indiscriminado y caótico de las áreas urbanas. Los espacios abiertos generan paisaje y hace que los entornos urbanos se humanicen por el reconocimiento de las estructuras y las dinámicas del paisaje.

Para terminar este análisis, como se ha visto, los espacios abiertos se vuelven imprescindibles tras los terremotos como elementos latentes para la adaptación ante un seísmo. En esta dirección, la relación entre los espacios abiertos, la resiliencia urbana y diseño urbano son una vía a incorporar a la planificación urbana. No obstante, el espacio abierto no es valorado en los actuales instrumentos de ordenación territorial tanto en España como en otros países sometidos a este tipo de eventos y son más bien marginados como sucede en la gran mayoría de las ciudades, don predomina la lógica del mercado en el desarrollo y el crecimiento urbano, Por lo general, el espacio abierto que se encuentra catalogado adquiere la condición de resiliente, hoy en día sufre un deterioro progresivo en lo referente al ambiente, quizás por la inexistencia de programas que favorezca su implementación en el sistema de espacios de uso colectivo, lo que muestra que está aún muy alejado de constituir una ciudad segura frente a la amenaza de sismo. La situación actual del sistema de espacios públicos de las ciudades sometidas a seísmos, (Tanto en España como en Asia, América Latina), presenta un sistema de espacios abiertos segregados y aislados, con muchos de ellos utilizados para su explotación forestal, otros con limitada accesibilidad, y finalmente encontramos los espacios naturales con un alto valor ecológico, sometidos a un deterioro ambiental progresivo.

En este sentido, surge la necesidad de pensar en incluir el espacio abierto al proyecto territorial pudiendo aportar de una manera significativa a la formación de ciudades más seguras frente eventos de carácter sísmico.

En una primera aproximación, por el establecimiento de una red de espacios abiertos en la que se vayan acogiendo las distintas situaciones de emergencia tras

una catástrofe, entendiendo como red una estructura y a la vez, como una estrategia que permite el equilibrio entre las acciones y las exigencias del desarrollo urbano, además de la protección del territorio.

Esto es factible en la medida en que se puedan valorar la cualidades biofísicas de los espacios abiertos como instrumentos de planificación territorial, y de diseño urbano y reconociendo el carácter público para la constitución de dicho sistema de espacios colectivos a escala, dependiendo del cual sea el tamaño de la zona a estudiar, y que a la vez englobe a la cuatro variables de la resiliencia compatibles con el diseño urbano, todo ello en forma sistémica más que individual en relación a la estructura de la ciudad y de cada una de las funciones de esta.

El diseño de este engranaje de espacios abiertos se plantea partiendo del reconocimiento de la vulnerabilidad del territorio, con lo que, junto con otras variables de tipo socioambientales generar una planificación sostenible y estratégica que cuente con las funciones cotidianas del espacio urbano y a la vez necesarias para poderlo habitarlo de manera transitoria, este debe de estar potenciado con equipamientos de tipo híbridos, es decir, que presenten utilidades diferentes según los períodos. Los espacios abiertos ocupados o concurridos implementados al diseño urbano y a la ordenación del territorio, hacen el espacio más seguro frente a las venideras catástrofes naturales.

4. EL RIESGO SÍSMICO Y SU RELACIÓN CON LO URBANO

4.1 EL RIESGO SÍSMICO

Es necesario saber la relación entre riesgo sísmico, vulnerabilidad y peligrosidad, además de entender el concepto de cada uno de los términos. El concepto de riesgo sísmico genera confusión, puesto que se emplea la palabra riesgo para describir la peligrosidad o amenaza, lo mismo ocurre con el término vulnerabilidad. Por ello la UNDRR y la UNESCO propusieron una definición en la cual se resumen a continuación a partir de los siguientes conceptos.

Elementos territoriales (E): Son la población, los servicios públicos, las actividades económicas, las propiedades que están expuestas a un peligro natural en una zona o área dada.

Riesgo en su sentido más estricto (Rs): El nivel o grado de pérdidas que se esperan en un elemento concreto ocasionadas por un fenómeno natural específico de una magnitud concreta y en un espacio de tiempo determinado. El riesgo es expresado mediante el producto o convolución de la vulnerabilidad y la peligrosidad del elemento que está expuesto.

$$R_s = H \cdot V$$

Nivel de pérdidas o daño(D): Está relacionado con las consecuencias negativas que se producen o se pueden producir por la ocurrencia de una catástrofe natural. Dichas consecuencias pueden ser daños materiales, humanos (pérdida de vidas), en líneas vitales, en edificaciones etc.

Vulnerabilidad(V): SE entiende como el nivel de pérdidas que un elemento concreto o conjunto de estos experimenta debido a la ocurrencia de un fenómeno natural de magnitud dada. Se utilizan distintas escalas, es posible expresar una

escala normalizada variando desde el valor 0 (ausencia de daños), hasta 1 (pérdida total).

Peligrosidad(H): Entendemos por peligrosidad a la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural dañino en una determinada zona y en un intervalo de tiempo concreto.

Riesgo de carácter global o total Rt: Emite una valoración total o global de las implicaciones del evento en sector que analiza, estando en función del número de propiedades destruidas, heridos, pérdida de vidas, perturbación de los procesos económicos debidos a un determinado fenómeno natural, este se evalúa como el producto entre el riesgo estricto, y su coste o valor, siendo este V, expresándose:

$$R_t = E \cdot R_s = E \cdot H \cdot V$$

El concepto de riesgo se suele definir a partir de un producto de probabilidades que se apoyan en la frecuencia de ocurrencia de los fenómenos que pueden causar daño y en la frecuencia del daño. En los casos de sismo, dicho fenómeno es el terremoto. Cuando hablamos de edificio, la valoración del daño desde el punto de vista económico se basa en considerar los costes de la reparación y construcción del bien en el lugar de estudio. Los escenarios sísmicos se utilizan como una excelente herramienta para la estimación del riesgo las ciudades, pues estos recrean la situación que se produciría en el caso de la ocurrencia de un determinado seísmo.

Encontramos distintas formas de cuantificar los parámetros implicados en los estudios de riesgo sísmico, a efectos de esta tesis, son el terremoto, en términos de la intensidad macrosísmica y la edificación, en términos de la vulnerabilidad. En el entorno de los riesgos naturales, resulta casi improbable intervenir sobre la amenaza, por lo que es de particular interés en los estudios de evaluación de la vulnerabilidad y en las técnicas de mitigación y prevención del riesgo. Las acciones que se llevan a cabo antes, durante o después de que se produzca un fenómeno natural de carácter destructivo, intentando minimizar sus consecuencias, son denominadas mitigación del riesgo. Mientras que el análisis de vulnerabilidad es una de las principales acciones que se realizan de mitigación.

El proceso de mitigación del riesgo en zonas urbanas es cada vez una medida más necesaria y la cual demanda un tratamiento multidisciplinar, que considere no sólo el daño físico de los edificios e infraestructura, las pérdidas

humanas y de carácter económico, sino a la vez aspectos sociales, organizativos y de las instituciones en relación con nivel de desarrollo de la comunidad. Las recientes iniciativas de análisis de riesgo en esta materia incorporan aspectos dirigidos a la evaluación holística del riesgo. De hecho, el proyecto que se menciona en el primer capítulo de carácter europeo Risk-UE incorpora dichos aspectos de exposición del sistema urbano que están más allá del daño de carácter físico.

4.1.1. La intensidad macrosísmica

La intensidad macrosísmica ha sido usada desde hace mucho tiempo, incluso antes del uso de instrumentos de medición capaces de registrar los sismos, esta se utiliza de modo normalizado para medir la capacidad destructiva de un terremoto. La intensidad macrosísmica puede ser considerada como subjetiva, ya que sus diferentes niveles se establecen partiendo de la valoración por parte de un técnico el cual efectúa la evaluación, de la información disponible por observación directa y a partir de encuestas realizadas a la población. Pero hay que decir, que ha sido estadísticamente objetivada, la intensidad macrosísmica está muy aceptada en el entorno científico. Por ello encontramos varias escalas, las más recientes y de mayor uso en el continente europeo es la escala MSK-64 y la EMS-98. Siendo esta última la versión actualizada. Ambas tienen 12 grados.

Tabla 4.1. Descripción de la Escala Macrosísmica europea EMS-98 (Grünthal, 1998).

Grado de daños EMS	Definición	Descripción de los efectos típicos observados
I	No sentido	No sentido
II	Apenas notado	Sentido sólo por muy pocas personas en reposo
III	Débil	Sentido por pocas personas en el interior. La gente en posición de reposo nota un bamboleo o temblor suave
IV	Ampliamente observado	Sentido por muchos en el interior de los edificios y por muy pocos en el exterior. Pocas personas se despiertan. Las ventanas y puertas crujen y la vajilla traquetea
V	Fuerte	Sentido en el interior por la mayoría y por pocos fuera. Unos pocos se asustan. Los edificios tiemblan. Los objetos colgados bambolean considerablemente. Se mueven objetos pequeños. Las puertas y ventanas balancean, se abren o cierran

VI	Causa daños ligeros	Mucha gente se asusta y corre hacia el exterior. Algunos objetos caen. Muchas casas sufren daño ligero no estructural como pequeñas grietas y caída de enlucidos
VII	Causa daño	La mayoría de la gente se asusta y corre al exterior. Los muebles se mueven y caen muchos objetos de las estanterías. Muchos edificios ordinarios bien contruidos sufren daños moderados: pequeñas roturas en las paredes, caída de enlucidos, parte de las chimeneas caen; los edificios más antiguos pueden presentar grandes roturas en los muros y caída de tabiques
VIII	Causa daño severo	Mucha gente tiene dificultad para mantener el equilibrio. Muchas viviendas tienen grandes roturas en las paredes. Unos pocos edificios ordinarios bien contruidos presentan fallos serios de los muros mientras que estructuras más viejas y débiles pueden colapsar
IX	Destruyivo	Pánico general. Muchas construcciones débiles colapsan. Incluso los edificios ordinarios bien contruidos presentan daño severo: fallos serios de los muros y fallo parcial de la estructura
X	Muy destruyivo	Muchos edificios ordinarios bien contruidos colapsan
XI	Devastador	La mayoría de edificios bien contruidos colapsan y son destruyidos incluso algunos con un buen diseño sismorresistente
XII	Totalmente devastador	Casi todos los edificios sufren destruycción.

Por el contrario, en el continente americano se utiliza otro tipo de escala y lo mismo ocurre en Australia, Nueva Zelanda, China, Asia es la denominada "Mercalli Modifica (MM)", que en su día mejoró Richter en torno a 1957 (MM-56). En Japón emplean la de "Japanase Meteorological Agency (JMA), la cual esta escalada en 7 niveles de daño o grado.

Si resulta, que el objetivo de estudio abarca una gran extensión de terreno, o región urbana con abundantes elementos en riesgo, es muy útil utilizar un parámetro que pueda dar luz a la tanto a la peligrosidad como al daño sísmico.

Dicho parámetro podría ser la intensidad macrosísmica, la cual interpreta el valor de una magnitud del terremoto, como el daño producido por este. Así, cuando se evalué la amplificación del movimiento del terreno por los efectos locales, también se puede considerar la amplificación en términos de intensidad macrosísmica, a fin de incluirla en los estudios de peligrosidad sísmica y a su vez

en el cálculo del riesgo sísmico. La escala EMS-98, es la más actual y en cierta medida una evolución de todas las anteriores escalas. En definitiva, se trata de una actualización de la EMS-92 (Grünthal,1993), está a la vez es una adaptación de la MKS con el fin de facilitar su comprensión y donde se incorpora el concepto de vulnerabilidad, utilizando la clase de vulnerabilidad, la cual tiene en cuenta las técnicas empleadas en el momento de construcción del edificio.

Cada región y cada terremoto presentan escalas diferentes de intensidad macrosísmica, por ello Richer (1958) sugiere que es conveniente de contar con escalas estándar las cuales permitan la comparación de las intensidades asignadas a distintos terremotos. Así pues, si se utilizan escalas de carácter singular es conveniente establecer la relación de equivalencia entre los grados de estas y los de los estándares.

4.1.2. La Vulnerabilidad

“Entendemos por vulnerabilidad sísmica a la función que es cuantifica la capacidad resistente de una edificación o estructura, se trata de una propiedad intrínseca, es una característica que presenta la edificación ante el sismo. y explicada con la ley de causa-efecto. En la cual la causa es el seísmo y el efecto es el daño. Un estudio de vulnerabilidad está limitado por el tipo de daño que pretendemos evaluar y del nivel existente de amenaza. Por otro lado, el daño va estar condicionado por la acción sísmica y la capacidad de la estructura en su carácter sismorresistente, de modo que a la hora de evaluar la vulnerabilidad sísmica está muy relacionada a el modo en el cual se define el daño sísmico y la acción sísmica.

El modo de realizar la evaluación puede variar, un modo es por medio de la vulnerabilidad observada, que consiste en la observación y realización de planos del estado de daño o fisuración real producido por el terremoto, y después se realiza un estudio estadístico.

Otro modo de cuantificar la vulnerabilidad es mediante el cálculo de la respuesta sísmica de la edificación utilizando un método no lineal, en este caso se denomina vulnerabilidad calculada. Los resultados que se obtienen de un cálculo de este tipo de denomina índice de daño el cual caracteriza de modo global la degradación de una sometida a la acción de terremotos. El riesgo y la

vulnerabilidad se evalúan desde diferentes perspectivas, por ejemplo, en el caso de que no se trate desde un punto de vista físico, sino que integre otras características del contexto, como puede ser la economía, física, lo social, lo educativo, la política ambiental, cultural e ideología; todo esto se denomina vulnerabilidad de carácter global. El propósito de una vulnerabilidad global es permitir la visualización desde distintos ámbitos de conocimiento y facilitar la evaluación como un proceso en constante movimiento.

Encontramos muchos esquemas de técnicas para la clasificación de la vulnerabilidad en edificios y a su vez distintas técnicas de análisis de esta. Las cuales se exponen con más detalle en el capítulo V.

4.1.3. El Daño

El concepto de daño es fundamental y ampliamente utilizado, al relacionar el deterioro físico de los elementos y el impacto económico que ello implica. Es conveniente en este sentido hablar del daño físico y el daño económico, de manera diferenciada. El daño físico que presenta una edificación se puede calificar del siguiente modo:

De carácter estructural: Está relacionado con el comportamiento de los elementos que forman parte del sistema estructural resistente: pilares, forjados, vigas, muros, etc. Relacionados con las características de los materiales que lo componen, configuración, tipo de unión, tipología resistente y características de la acción a la que están sometidas. Está cuantificado por medio de índices de daño, de cada uno de los elementos estructurales que lo componen, su ponderación se realiza sobre una parte o totalidad de una estructura, permitiendo la definición de los denominados índices globales de daño.

De carácter no estructural: Esta en relación directa con los elementos arquitectónico y los distintos sistemas mecánicos, eléctricos, sanitarios, además del contenido de la edificación. A su vez se relacionan con los diferentes niveles de deformación y de distorsión que puede sufrir la estructura e incluso con las aceleraciones a la que puede estar sometida durante el proceso.

No obstante, el daño económico es definido como la relación existente entre los costos de reparación y los costos de reposición, los cuales incluyen tanto el coste

de daño físico de carácter directos como los indirectos. Para intentar representar el daño en lo relativo a las pérdidas económicas o costes financieros teniendo en cuenta la afección de los distintos componentes estructurales y no estructurales, por lo general se realiza por medio de métodos empíricos, subjetivos y teóricos. La evaluación de estos es difícil y su uso generalmente interesa a gobiernos y compañías de seguros.

Casi todos los estudios de vulnerabilidad y riesgo centran todo su interés en describir los daños físico que pueden presentar las edificaciones tras el resultado de la acción de un sismo con unas características concretas. Su cuantificación está relacionada con el modo en el cual se describen los daños y la escala que se use para su medición.

Una posible alternativa para describir el nivel de daño es definir los estados de daño de la edificación.

El grado de daños que establece l escala EMS-98 se aproxima a una distribución de carácter binomial y estable 5 grados de daño distintos, desde el estado nulo. La ecuación que expresa la distribución binomial depende del número de estados de daños, N, y del parámetro d, el cual puede tomar un valor entre 0 y 1.

$$P_K (N,d)=\frac{(N-1)!}{(N-1-k)!k!} d^k (1-d)^{N-1-k} \quad K=0\dots(N-1) \text{ Ecuación 4.1}$$

En nuestro caso, si se consideran N=6, correspondiente al número de estados de daño, incluyendo el estado de daño nulo, la ecuación se transforma en:

$$P_K (N, d) = \frac{(5)!}{(5-k)!k!} d^k (1 - d)^{5-k} \quad k=0\dots5 \quad \text{Ecuación 4.2}$$

Donde k, es el grado de daño. Como se comenta anteriormente, la distribución de probabilidad, y sabiendo el número de estados de daño, N, queda definida por el parámetro d. Que toma valores entre 0 y 1. Si definimos el parámetro, tal que $d^* = (N-1) \times d$, d^* , este representa el estado de daño medio, y toma valores entre 0 y N.

En la escala MKS-64se consideran 5 grados de daño distintos que comienzan en el daño nulo o sin él, y terminan en el colapso, es decir: sin daño (grado 0), ligero (grado 1), moderado (grado 2), grave o severo (grado 3), destrucción (grado 4) y colapso (grado 5). La Tabla 4.2 resume los 5 estados de daño no nulos.

La escala EMS-98 mantiene los mismos grados daño, que describe con detalle,

distinguiendo los edificios de mampostería y los de hormigón armado. En la Figura 4.1 se muestra estas descripciones.

Tabla 4.2: Grados de daño definidos en la escala MSK (ATC-13, 1985).

Grado de daño	Clasificación	Descripción
Grado 1	Daño leve	Fisuras finas en los revestimientos y enlucidos. Caída de pequeños trozos de yeso.
Grado 2	Daño moderado	Pequeñas fisuras en las paredes, caída de grandes trozos de revestimiento, caída de tejas, pretilas, grietas en las chimeneas e incluso derrumbamiento parcial de las mismas.
Grado 3	Daño severo	Grietas anchas y profundas en los muros, caída de chimeneas de fábrica o de otros elementos externos.
Grado 4	Destrucción	Brechas en los muros resistentes. Partes del edificio pueden colapsar. Pérdida del enlace entre distintas partes de la construcción. Destrucción de tabiques y muros de cerramiento.
Grado 5	Colapso	Ruina completa de la construcción.

Si nos fijamos en los distintos grados de intensidad, vemos que ambas escalas expresan cualitativamente los diferentes niveles de daño esperado. Por ello, las dos escalas dan una buena descripción de los escenarios sísmicos esperados. En las escalas MKS_64 y EMS-98, se incorporaron mejoras en relación a los términos de cantidad, “muchos” y “la mayoría”, respecto a anteriores escalas.

La escala MSK-64 cuantifica los términos de cantidad como:

- Algunos: 5%.
- Muchos: 50%.
- La mayoría: 75%.








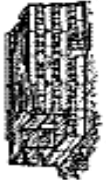

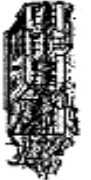
Clasificación del daño en los edificios de mampostería	Clasificación de Idño en los edificios de hormigón armado
<p>Grado 1: daño leve (Sin daño estructural; daño no estructural/leve). Grietas finas en muy pocas paredes. Caída de pequeños trozos del yeso o enlucido. En muy pocos casos se produce la caída de piezas sueltas de las partes altas del edificio.</p> 	<p>Grado 1: daño leve (Sin daño estructural; leve daño no estructural) Grietas finas en el yeso sobre los elementos estructurales en la base de las paredes. Grietas en las paredes de separación y de relleno.</p> 
<p>Grado 2: Daño moderado (Daño estructural/leve; daño no estructural/moderado). Grietas en muchas paredes. Caída de trozos bastante grandes del yeso.</p> 	<p>Grado 2: Daño moderado (Daño estructural/leve; daño no estructural/moderado). Grietas en las columnas, vigas y muros estructurales. Grietas en las paredes de relleno. Caída de trozos de yeso y de mortero de las juntas de las paredes.</p> 
<p>Grado 3: Daño severo. (Daño estructural/moderado, considerable daño no estructural.) Grandes grietas en la mayoría de las paredes. Tejas del tejado sueltas. Rotura de las chimeneas al nivel del suelo. Rotura de elementos no estructurales individuales (particiones, hastiales, etc.)</p> 	<p>Grado 3: Daño severo. (Daño estructural/moderado, considerable daño no estructural.) Roturas en las columnas y en las juntas viga-columna a nivel del suelo. Deformación del acero de refuerzo. Grandes grietas en las paredes de relleno y caída de paneles de relleno aislados.</p> 
<p>Grado 4: Daño muy severo. (Daño estructural/severo, daño no estructural/muy severo). Roturas graves en los muros. Derribe estructural parcial de suelos techos.</p> 	<p>Grado 4: Daño muy severo. (Daño estructural/severo, daño no estructural/muy severo.) Grandes grietas en los elementos estructurales con fallos a compresión del hormigón; fallo de las uniones de las vigas. Deformación de las columnas. Colapso de algunas columnas o de algún piso superior.</p> 
<p>Grado 5: Destrucción (Daño estructural/muy severo) Colapso total o casi total del edificio.</p> 	<p>Grado 5: Destrucción (Daño estructural/muy severo) Colapso del primer piso o partes del edificio.</p> 

Figura 4. 1. Diferentes estados del daño , con la escala EMS-98 (Grünthal, 1998)

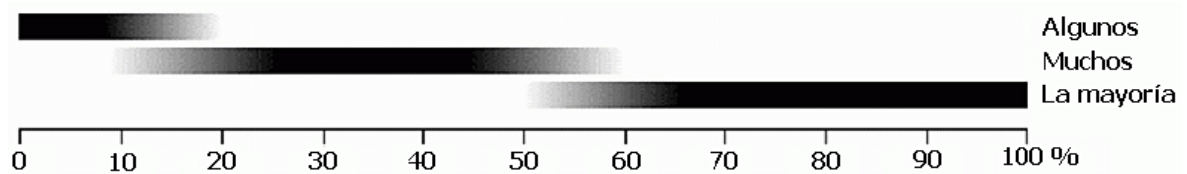


Figura 4.2: Valores de los parámetros de cantidad en la escala EMS-98 (Grünthal, 1998).

Donde $d=d^*=0$, es la probabilidad 1 de daño Nulo (0) y 0 para los otros estados. Si el valor de $d=1$ indica un valor $d^*=5$ y la probabilidad de 1 para el de daño de Colapso (5) y una probabilidad de cero para los otros estados de daño. Los valores intermedios entre 0 y 1 para d , y entre 0 y 5 para d^* , dan lugar a una distribución de daño. De este modo d^* determina de forma única la distribución de las probabilidades de daño. Por ello puede utilizarse para completar las matrices que, se deducen de la descripción de los grados de intensidad.

El informe que emitió la ATC-13 incluía aspectos de daño global, estableciendo así las directrices para la evaluación completa del daño y el volumen de pérdidas ocasionadas por un sismo el cual debe de considerar la estimación:

- 1- El daño físico directo.
- 2- El coste económico
- 3- El coste social.

Finalmente tiene en consideración a los muertos y heridos, las pérdidas de las instalaciones básicas y los servicios, así como el tiempo de restauración de los servicios, dando fórmulas cuantitativas para la estimación de estos aspectos.

En lo tocante a daños físicos de carácter directo, el cual introduce varios factores o índices de daño. Las siguientes ecuaciones definen el "Factor de Daño" (DF) y el "Factor de Daño Medio" (MDF), la "Razón de Daño" (DR).

$$\text{Factor de daño(DF)} = \frac{\text{pérdida económica}}{\text{Valor de reposición}} \quad \text{Ecuación 4.3}$$

$$\text{Factor de daño medio (MDF)} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\text{coste económico}}{\text{Valor de reposición}} \quad \text{Ecuación 4.4}$$

$$\text{Razón de daño (DR)} = \frac{n^{\circ} \text{ e edificaciones dañadas}}{n^{\circ} \text{ total de edificios}}$$

Ecuación 4.5

En la ecuación del MDF, n representa el número de edificios de la muestra. La Razón de Daño (DR) está conectada con la frecuencia relativa de edificios, por lo tanto, está en relación directa con la probabilidad de daño. El Factor de Daño (DF) se define mediante el cociente entre el coste económico de reparación y el coste reposición. El Factor de Daño Medio (MDF) es similar al Factor de Daño (DF), pero hace referencia a un grupo de edificios. El ATC-13 establece grados o estados de daño, mostrados en la Tabla 4.3, que su descripción incluye un rango del índice de daño definido por el Factor de Daño (DF).

Tabla 4.3. Estados de daño con Factor de daño (DF); (ATC-13, 1985).

Estado de daño	Clasificación	Rango del DF (%)	Valor central del DF	Descripción
1	Daño nulo	0	0	No hay daños
2	Daño leve	0-1	0.5	Daños mínimos y localizados. No requieren reparación para mantener la operatividad.
3	Daño ligero	1-10	5	Daños significativos localizados en algunos elementos que normalmente no necesitan reparación para mantener la operatividad.
4	Moderado	10-30	20	Daños significativos localizados en bastantes elementos y que es necesario reparar.
5	Severo	30-60	45	Daños generales. Es necesario efectuar reparaciones importantes.
6	Grave	60-99	80	Daños graves que pueden interrumpir la operatividad o la función del elemento. Hay que reparar, sustituir o derribar.
7	Colapso	100	100	Destrucción del elemento e inutilidad total de la línea o elemento.

La ATC-25 aúna los estados de daño leve y ligero de la ATC-13 en un único estado de daño ligero, estableciendo un umbral de factor de daño del 10% y un único valor central de 5. También une los de grave y colapso, con un factor de daño de 100% y con un valor central 80. Esta simplificación se basa en considerar que los

edificios, servicios e instalaciones se mantienen a pleno rendimiento por debajo del daño moderado y en el hecho de que la reparación de una estructura o infraestructura no logia si tenemos costes de reposición superior al 60%. Lo normal en este tipo de estudios se considera que son, Nulo, Leve, Moderado, Severo, Extensivo y Colapso.

4.1.4 Concepto de peligrosidad sísmica

Entendemos la peligrosidad sísmica como la probabilidad de que en un área determina y en un periodo de tiempo concreto los niveles de intensidad o aceleración sísmica se igualen o excedan por un terremoto. La peligrosidad puede ser evaluada utilizando distintas metodologías lo cual da lugar a dos clases de resultados los cuales llamaremos escenarios: el probabilista y el determinista.

Un escenario de tipo determinista está basado en el supuesto que la sismicidad historia da un modelo de riesgo que establece la relación entre los distintos parámetros que determina el riesgo mediante la convolución. En él se analizan las aportaciones de los tres parámetros básicos que entran en el análisis de riesgos, vulnerabilidad, peligrosidad, y daño.

Así pues, la convolución se desarrolla para representar los modelos y procesos de composición de estos tres parámetros para efectuar evaluaciones parciales o globales. Para un elemento expuesto y un escenario, partiendo de un análisis del riesgo es la denominada matriz la cual ofrece suficientes datos como para poder determinar los valores máximos que se esperan en el movimiento del suelo.

Mientras que en los escenarios probabilistas usa la sismicidad, la zonación sismo tectónica, la atenuación del efecto del suelo para obtener los periodos de retorno o probabilidades.

En el caso de la evaluación de la peligrosidad es necesario el análisis de los fenómenos que suceden desde que se emiten las ondas sísmicas en el foco hasta que estas lleguen a la zona de estudio. Al propagarse, las ondas se reflejan, se atenúan, se amplifican o se refractan, hasta llegar a la base de estrato rocoso que se encuentra por debajo de una estructura. Es ahí donde las ondas pueden sufrir una variación al pasar por las capas del suelo que encuentran entre la base y la superficie. Sufrirá cambios al sufrir una excitación la base del edificio y tener

respuesta la estructura. En definitiva, el estudio de la peligrosidad tiene como finalidad estimar el movimiento que sufre el terreno en una zona concreta como consecuencia de los terremotos, o bien, proporcionar una idea del tamaño del terremoto en la zona en cuestión.

En el cálculo de la peligrosidad sísmica en un punto concreto del territorio se tiene que considerar la peligrosidad a nivel local y regional. La peligrosidad de una región se expresa con distintos parámetros, los cuales, representan el movimiento del suelo en función de la evaluación de la peligrosidad. El desplazamiento del suelo se puede evaluar en términos de intensidad macrosísmica (I), La velocidad máxima (PVG), la aceleración espectral (SA) , el desplazamiento máximo(PDG), y la aceleración máxima(PGA).

Para hacer la evaluación de la peligrosidad sísmica en una región es posible realizarla mediante diferentes metodologías. En los manuales de diseño sísmico, se considera una severidad de la acción en función de la vida útil de la estructura, denominado tiempo de exposición, en este tiempo se espera que la acción de diseño no exceda un determinado nivel de probabilidad de ocurrencia. Con todo esto, es posible obtener un mapeo de una región, país, de la peligrosidad sísmica para terremotos de diferentes intensidades.

4.2. METODOLOGÍA PARA MODELAR EL RIESGO SÍSMICO

Los métodos de modelado de riesgo sísmico establecen un proceso de como operar entre los distintos parámetros que establecen el riesgo, En el proceso se estudian las contribuciones de los tres parámetros implicados en el análisis de riesgo: vulnerabilidad, daño, peligrosidad. El proceso de convolución que se realiza, es para representar los modelos y procesos de composición de los tres parámetros, para efectuar evaluaciones globales o parciales de riesgo. En cualquier caso, los elementos expuestos y el escenario sísmico, el punto de origen para realizar el análisis de riesgo es la matriz de probabilidad de daño. Las matrices permiten incorporar el análisis de otros aspectos, importantes esenciales, del riesgo sísmico.

Los métodos que se emplean para caracterizar el riesgo sísmico se han clasificado en multiparámétricos y uniparámétricos. Los primeros definen la peligrosidad definen la acción del sismo mediante los espectros de respuesta

elásticas, y al elemento expuesto con espectros de capacidad. Mientras que los primeros solo utilizan un parámetro para caracterizar al elemento expuestos y estos parámetros suele ser la intensidad macrosísmica. Ambos modelos suponen que el daño se distribuye de forma gradual, estados e índices de daño. Los métodos multiparamétricos utilizar cuatro estados o grados de daños además del nulo, mientras los uniparamétricos acostumbran a usar cinco estados de daños distintos del nulo. En ambos casos suponen que sigue una distribución binomial, pudiéndose representar mediante un solo parámetro que define la función de distribución de probabilidad de modo univoco. El método del índice de vulnerabilidad, utiliza funciones semiempíricas que relaciona el índice de vulnerabilidad con la intensidad macrosísmica y así obtener el daño y las matrices de probabilidad de daño.

La vulnerabilidad se puede evaluar en términos relativos y absolutos, la diferenciación entre las técnicas relativas y absolutas, se refieren a que las primeras no estiman de manera directa los daños esperados para un nivel de acción determinados, sino que califican de modo relativo la menor o mayor predisposición de una estructura a sufrir un daño, mientras que las segundas llevan a relaciones explícitas que permiten estimar de modo directo los daños esperados para los distintos niveles de la acción sísmica.

Ambas metodologías presentan incertidumbre. Por ello es conveniente decir en zonas donde la peligrosidad sísmica es media, como en el Sur de España, los periodos de recurrencias que presentan las catástrofes de carácter sísmico y las relativamente baja o media obligan a caracterizar la acción sísmica a una alta incertidumbre.

La fuente sísmica y el medio de propagación de las ondas que se generan, también presenta incertidumbres, incluso en una misma tipología edificatoria aparecen diferencias en su configuración geométrica, materiales y en el modo de construcción, de modo que su caracterización también implica incertidumbre. Cuando con el método del índice de vulnerabilidad se apoya en daños observados, cuando el terremoto ocurre en diferentes lugares, por lo que estas matrices no se encuentran exentas de incertidumbre. Mientras si en su lugar utilizamos el método del espectro de capacidad, las curvas de fragilidad empleada se apoyan en los espectros de capacidad y en el juicio de los expertos, sobre la aparición del daño si

aumentan los desplazamientos máximos de una estructura, por lo que arrastra la incertidumbre anterior.

Pero a pesar de esa incertidumbre los modelos, pueden considerarse fiables cuando se les aplica a una gran número de edificios o elementos. Los resultados que se obtienen deben de valorarse desde un punto de vista probabilista y ser entendidos como valores medios. Dichas metodologías proporcionan una gran amplitud a la hora de utilizar herramientas fiables y orientadas a la evaluación del riesgo sísmico y creación de escenarios de daño en ciudades de tamaño grande y medio.

4.3 METODOLOGÍA DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD

Proyectos como el RISK-UE estaban enfocados a la elaboración de métodos de análisis de riesgo específicos para ciudades europeas, que, aunque el proyecto tenía una concepción distinta, presenta similitudes con otros métodos con el HAZUS, que se propuso para otros países y regiones. En relación al análisis del riesgo sísmico, Risk-UE tiene en cuenta dos tipos de aproximaciones: en primer lugar, es el método del nivel I, considera escenarios sísmicos en términos de intensidad, mientras el segundo considera en términos espectrales.”

“La mayor parte de los estudios realizados se apoyan en el nivel I, denominado como método del índice de vulnerabilidad, es que típico y específico de Europa, este aglutina la experiencia de los estudios de riesgo sísmico basados en los índices de vulnerabilidad, matrices de probabilidad, y factores de daño, permitiendo el estudio de escenarios de riesgo de modo sencillo, y considera la intensidad sísmica con un parámetro, el cual define la acción sísmica. Dicho método se basa en metodología apoyadas en la escala macrosísmica europea y el método italiano.

Este método es versátil, sencillo de aplicar a la vez que robusto, y cuya ventaja reside en lo fácil que es describir la vulnerabilidad de los edificios, con un gran nivel de detalle, nos permite saber sus calidades estructurales, aquellas que derivan de su geometría, altura y ubicación en la manzana. Aunque, uno de sus principales inconvenientes es su calibración y su aplicación en zonas de sismicidad media a moderada, que se apoya en funciones de daño de zonas de alta frecuencia de catástrofe.

4.3.1. Visión general

El método del índice de vulnerabilidad está basado en la escala macrosísmica europea, EMS-98, el cual define un modelo implícito al definir matrices de daño cualitativas. Del mismo modo que otras escalas de intensidad, la EMS-98, es imprecisa e incompleta ya que utiliza la teoría de conjuntos difusos, para tratar la ambigüedad y la insuficiente información sobre el daño. A partir del daño que se observa en los edificios, se clasifica en distintas clases de vulnerabilidad, de modo que diferentes tipos de edificios pueden mostrar comportamientos similares. La relación entre las clases de vulnerabilidad y la tipología de los edificios es también probabilista y difusa, ya que cada tipología de edificio está caracterizada por la clase de vulnerabilidad con mayor probabilidad y unos intervalos o rangos de vulnerabilidad posibles y menos probables en la Figura 4.1. En definitiva, el método del índice de vulnerabilidad utiliza los siguiente:

-Funciones de vulnerabilidad semiempíricas medias: Estas relacionan el grado de daño medio en las distintas clases de vulnerabilidad con la intensidad macrosísmica y el índice de vulnerabilidad.

-Matrices de probabilidad de daño: Estas definen la probabilidad de que ocurra un de determinado grado de daño, obteniendo las matrices cualitativas propuestas en la EMS-98 para cada clase de vulnerabilidad mediante distribuciones Beta que se ajustan a una distribución binomial.

El método va a definir la clase y los índices de vulnerabilidad para los edificios considerados en la matriz de tipos de edificios que proponen en Risk-UE, a la vez que también define las matrices de probabilidad de daño. Permitiendo este método modificar los índices propuestos.

4.3.2. Clases e índices de vulnerabilidad y funciones de daño

Todas las edificaciones no presentan las mismas características, pero si presentan un comportamiento similar, por ello se agrupa por clases de vulnerabilidad en función de la escala EMS-98. Esta define seis tipologías diferentes de vulnerabilidad las cuales denomina con letras que van desde la A a la F, siendo su orden decreciente, esto lo podemos ver en la Tabla 2.5. Cada tipo de edificio se asocia a una relación entre daños experimentado e intensidad del

terremoto. Cada tipología de edificio está definida por la clase de vulnerabilidad predominante, pero, en relación con las características estructurales de los edificios, es posible definir otras clases de vulnerabilidad, es decir, más probables, menos probables, posibles y menos probables, en la misma tipología de edificio. Por ello el proyecto Risk-UE (Milutinovic y Trendafiloski, 2003) desarrollaron un método simplificado que consiste en unir dos métodos anteriormente citados basados en el índice de vulnerabilidad y en las funciones de daños y las matrices de probabilidad de daño, estos a su vez se apoyan en las escalas de intensidad y en las tipologías de los edificios o clases de vulnerabilidad.

Por lo general las escalas de intensidad, y en concreto la EMS-98, a la hora de la definición de las matrices de probabilidad de daño no lo hace de modo preciso. Dicha imprecisión viene de la transformación de variables cualitativas en cuantitativas, mientras el hecho de ser incompleto viene de los distintos grados de intensidad que no describen los daños previstos para estas tipologías. Como es el caso de la tabla 4.4 en la cual se puede ver la descripción de la escala EMS-98 con las cantidades de edificios de una clase en concreto como puede ser "C" que se espera que sufran un determinado grado de daño para cada intensidad. Estas descripciones definen matrices de probabilidad de daño las cuales no son precisas, ya que las cantidades que las describen como son: poco, la mayoría, muchos son poco precisos.

Tabla 4.4: Matrices de probabilidad de daño difusas propuestas en la escala EMS-98 para las clases de vulnerabilidad de edificios tipo C (Grünthal, 1998).

Intensidad	Grado de Daño				
	1	2	3	4	5
V					
VI	Al				
VII		Al			
VIII		M	Al		
IX			M	Al	
X				M	Al
XI					M
XII					La mayoría

Al: Algunos, M: Muchos.

Cuando se definen variables cuantitativas a modo cualitativos como es el caso de la EMS-98 se interpretan con funciones de pertenencia, χ , definen la

relación de cada valor de una cantidad determinada a una categoría concreta, es decir, para un valor de $\chi = 1$, la pertenencia es para valores entre 0 y 1 el valor del parámetro en estudio es raro, pero a la vez posible, y para valores de $\chi = 0$, el parámetro no está en el conjunto. En la Figura 4.3 se aprecian estas funciones, que a su vez definen 4 puntos límite de asignación de cantidades. Es el caso de funciones de pertenencia a la categoría de pocos, los puntos (10,0), (50,1), (20,1), (60,0), establecen los límites de separación:

- La no pertenencia por defecto (menos de 10).
- La pertenencia posible pero poco probable por defecto, (entre 10 y 20).
- La pertenencia segura (entre 20 y 50).
- La pertenencia posible pero poco probable por exceso (entre 50 y 60).
- La no pertenencia por exceso (por encima de 60).

En cada tipología podemos definir incluso cuatro posibles matrices de probabilidad de daño.

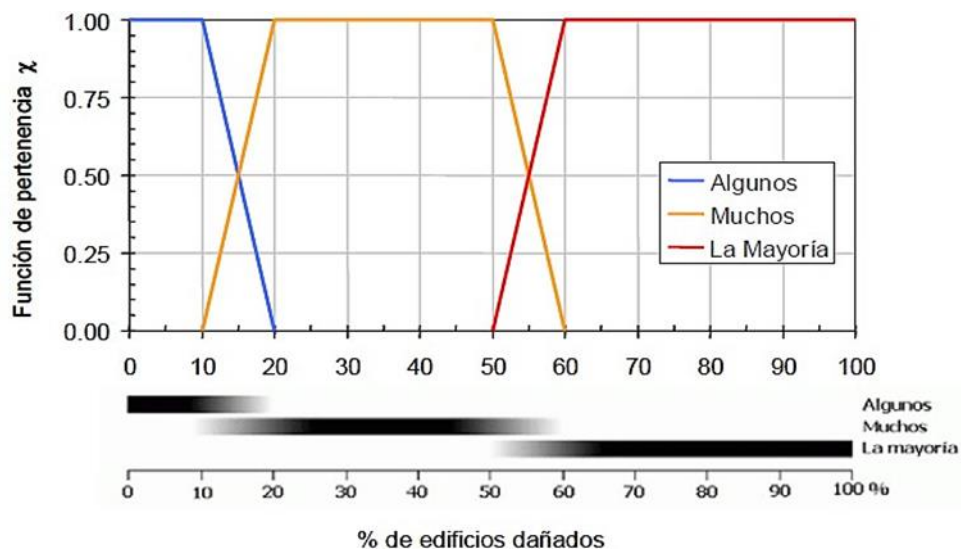


Figura4.3 Escala EMS-98 parámetros de cantidad y definición de las funciones de pertenencia (Grünthal,1998).

El proceso de completado de matrices de daño se realiza mediante la hipótesis de que estas se ajustan a una distribución de probabilidad y se representan mediante el factor de daño medio, en donde la EMS-98 se ajusta a una binomial. Por el contrario, en el proyecto Risk- UE se ajusta a una distribución beta

por la consideración de que es una función mucho más versátil, pero que ajusta los parámetros de forma que esta sea equivalente a la distribución binomial. Por ello para cada una de las tipologías y para cada una de las intensidades, podríamos definir incluso cuatro posibles matrices de probabilidad de daño en relación a los límites de no pertenecía y de pertenencia posibles, una pertenencia segura y la otra pertenencia posible.

El completado de una matriz de daño se realiza considerando que la probabilidad de los distintos estados de daño (del nulo, a la destrucción). Se ajustan a una distribución continua tipo beta, cuya función densidad de probabilidad viene expresada por:

$$p_{\beta}(x) = \frac{\Gamma(t)\Gamma(q)}{\Gamma(t+q)} \frac{(x-a)^{t-1} (b-x)^{q-1}}{(b-a)^{t+q-1}}$$

para $a \leq x < b$ Ecuación 4.6

Los parámetros que aparecen en la distribución son: a , b , t y q . La variable continua oscila entre los valores a y b es x . La t está relacionada con la dispersión de la distribución y dependiendo de los valores que tome t , esta será o no compatible con la distribución binomial, lo normal es que se tome el valor de $t=8$; puesto que así se ajusta mejor. También se debe de hacer referencia al grado de daño que, en este caso, es una variable discreta caracterizada por 5 valores, además del nulo.

Si le damos el valor 0 al parámetro a y 5 al b . El recorrido de la función varía entre 0 y 5, cubriendo el estado de grado nulo y los 5 estados de daño restantes. Para finalizar, Milutinovic y Trendafiloski establecieron que los parámetros de la distribución beta, t y q y el grado medio de daño, $d^* = \mu_D$ están en relación mediante la siguiente ecuación:

$$q = t(0.007\mu_D^3 - 0.052\mu_D^2 + 0.2875\mu_D) \quad \text{Ecuación 4.7}$$

P_{β} , la probabilidad de que se iguale o se vea sobre pasado el estado de daño x , esta expresada por :

$$P_{\beta}(x) = \int_a^x p_{\beta}(\epsilon) d\epsilon \quad \text{Ecuación 4.8}$$

Y por último, la probabilidad del estado de daño k donde esta varía entre 0 y 5, viene dada por la siguiente ecuación:

$$p_k = P_{\beta}(k+1) - P_{\beta}(k) \quad k=0, \dots, 5 \quad \text{Ecuación 4.9}$$

Todo lo anterior complementa “el procedimiento para evaluar el daño esperado de una manera concreta, partiendo de las descripciones de la EMS-98. La figura 4.5 muestra los daños que se espera en una función de la intensidad para las tipologías A, B, C, D, E, F.

Para estas tipologías o clases se ha considerado los límites de los intervalos de las funciones de pertenencia de la figura 4.2 Giovinazzi (2005) sugiere una función que relaciona el factor de daño medio, con la intensidad y la vulnerabilidad, a través de un parámetro de esta, utilizando las curvas de intensidad figura 4.5, para la calibración de los distintos parámetros de la función, que queda definida mediante la siguiente ecuación:”

$$\mu_D = d^* = 2.5 \left[1 + \tanh \left(\frac{I + 6.25V_I - 13.1}{2.3} \right) \right] \text{ Ecuación 4.10}$$

En donde la I representa la intensidad macrosísmica, V_I es un índice de vulnerabilidad del edificio y $\mu_D = d^*$, es el daño medio.

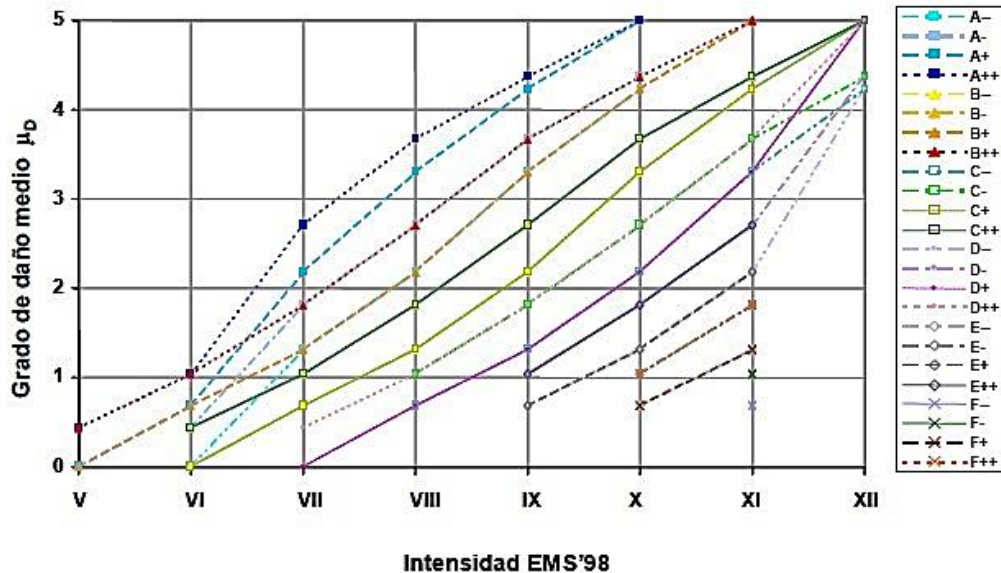


Figura 4.5: Curvas de daño medio pertenecientes a las matrices de probabilidad de daño definidas funciones de pertenencia, en escala EMS-98 (Grünthal, 1998).

Si un edificio pertenece a una clase específica de vulnerabilidad, también es posible definirlo mediante el uso de un índice de vulnerabilidad. Sus valores se

pueden presentar mediante puntuaciones que nos van a cuantificar su comportamiento sísmico. La Figura4.6 nos muestras distintas funciones de pertenencia a una clase determinada “de vulnerabilidad definida utilizando la escala EMS-98, en función del término del índice de vulnerabilidad. La tabla 4.5 nos muestra los límites que definen estas funciones de pertenencia. Se puede ver como el índice de vulnerabilidad varía entre 0 y 1, habiendo valores cercanos a 1 los que son edificios más vulnerables, es decir a aquellos edificios diseñados con un elevado de protección.

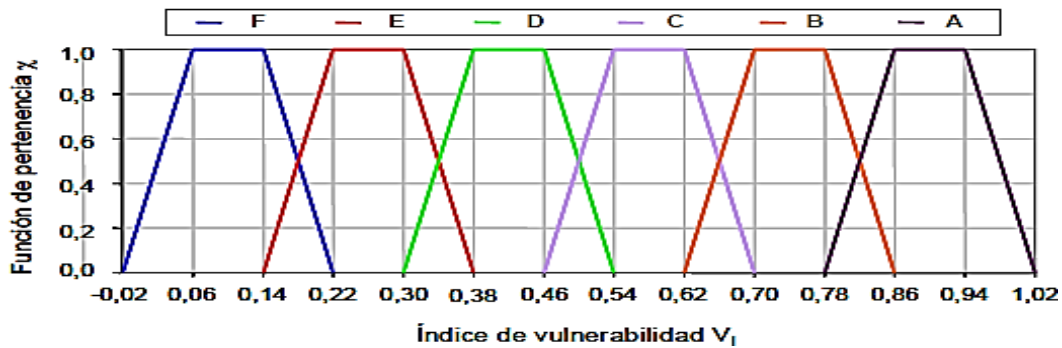


Figura 4.6: Funciones de pertenencia a clases de vulnerabilidad de la EMS-98 (Grünthal, 1998).

Tabla 4. 5: Límites de las funciones de pertenencia a cada clase de vulnerabilidad de la EMS-98. Se indican los intervalos plausibles y posibles (Grünthal, 1998).

Clases de Vulnerabilidad	Límites del Índice de Vulnerabilidad			
	$V_I \text{ min}$	$V_I -$	$V_I +$	$V_I \text{ máx}$
A	0.78	0.86	0.94	1.02
B	0.62	0.70	0.78	0.86
C	0.46	0.54	0.62	0.70
D	0.30	0.38	0.46	0.54
E	0.14	0.22	0.30	0.38
F	-0.02	0.06	0.14	0.22

En Risk-UE expone índices de vulnerabilidad específicos para los edificios considerados en su propia matriz de tipologías. Para cada tipo de edificio considera hasta 4 índices. Desde el más probable $\chi=1$, el posible $\chi=0.6$ y el de menor probabilidad $\chi=0.2$, de este modo, para cada tipología de edificio se calculan los siguientes índices de vulnerabilidad: VI min, VI -, VI*, VI + y VI máx, VI + es el valor más probable, [VI -, VI +], d, definen el intervalo de confianza del índice, ambos valores suelen ser los que la función de pertenencia toma el valor de 0,5, y para terminar, [VI min, VI máx], siendo estos los límites superior e inferior de la vulnerabilidad que se consideran factibles. Los básicos, que siguen las directrices del proyecto Risk-UE, se pueden ver en la Figura 4.7 representa las tipologías de los edificios y sus funciones de vulnerabilidad correspondiente:

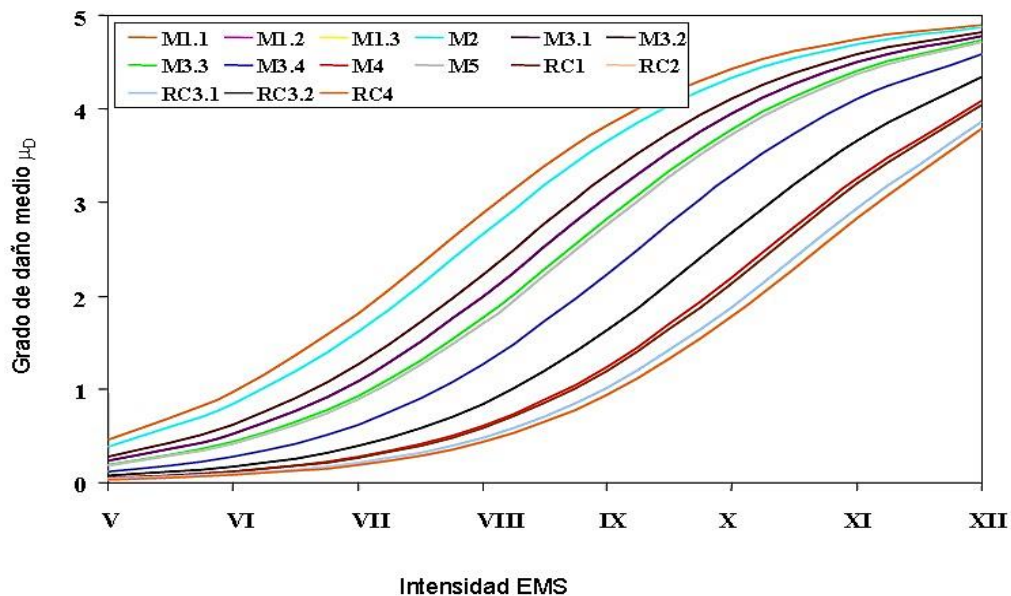


Figura 4.7: Representación de las curvas semiempíricas de vulnerabilidad las cuales relacionan la intensidad con el daño para las distintas tipologías de la matriz de tipos de edificios de Risk-UE (Milutinovic y Trendafiloski, 2003).

4.3.3. Normas de aplicación del método

Las directrices de aplicación de este método esta comentada en apartados anteriores y se resumen:

-Estimación del valor del índice de vulnerabilidad, después de determinar la tipología de cada edificio o grupo, se calcula el índice de vulnerabilidad. Este se divide entre un valor básico inicial en función del tipo de edificio y en otros índices secundarios a los que se suelen denominar, modificadores los cuales permiten adaptar este método a las características y zonas donde se encuentra el edificio.

- Evaluar el grado de daño medio, una vez se ha calculado el índice de vulnerabilidad y la intensidad, el grado de daño se evalúa mediante la ecuación 4.10.

- Calculo de la distribución del daño, cuando ya conocemos el daño medio podemos estimar la distribución de probabilidad que presenta el daño, partiendo de una función beta, aplicando las ecuaciones 4.6 a 4.8. La densidad de probabilidad se calcular partiendo de las probabilidades de daño de los distintos grados establecidos, utilizando la ecuación 4.9.

- La curva de fragilidad no define la probabilidad de que exceda un determinado grado de daño, partiendo de la distribución de probabilidad beta, para ello se utiliza la siguiente ecuación:

$$P(D \geq D_k) = 1 - P_\beta(k) \text{ Ecuación 4.11.}$$

4.4. SIG. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

En la caracterización del riesgo natural se suele utilizar información de carácter espacial, como, pueden ser características geológicas, topográficas, hidrológicas, usos del suelo, etc. Por ello los sistemas de información geográfica o (SIG) son un buen instrumento que ayuda a realizar una buena gestión de la información, que nos va permitir crea una base de datos con una gran cantidad de información relacionada con distintas características y a la vez la representación gráfica de los resultados obtenidos. La implementación del sistema SIG a la creación de un modelo de riesgo sísmico, facilita enormemente la simulación de los escenarios, ya que agiliza el análisis espacial de todos los parámetros implicados en el modelo.

4.4.1 Noción

Un GIS integra un hardware, software y un conjunto de datos geográficos, que se utilizan con el fin de gestionar y desarrollar en todos sus aspectos la información georreferenciada, con la finalidad de resolver el problema de planificación.

También puede utilizarse para definir un modelo que gestione y maneje la información en tiempo real y a la vez refiere a un sistema de coordenadas terrestre, construido para integrar las necesidades concretas de información en el espacio, presentar resultados de todas las operaciones que se realicen y editar los datos y mapas.

Esta tecnología puede ser utilizada para un amplio espectro de investigaciones científicas, para la gestión de los recursos, gestión de archivos, en evaluación de impacto ambiental, en planificación urbana, cartografía, en geodesia, en economía.

4.4.2 Metodología utilizada y aplicación.

Existen multitud de técnicas para la utilización de un SIG, una de ellas es la localización de objetos en los mapas. Al marcar un objeto podemos conocer las características o atributos de este e, inversamente, partiendo de un registro del objeto en una base de datos podemos saber su ubicación cartográfica. La principal razón para utilizar un GIS es gestionar la información de carácter espacial. Una de las más representativas es que permite la separación de la información en distintas capas temáticas y a la vez almacena de modo independiente, lo cual nos va a permitir trabajar con ellas de una manera ágil y sencilla, y facilitando a los profesionales relacionar la información existente de la topología de los objetos, a fin de obtener otra nueva.

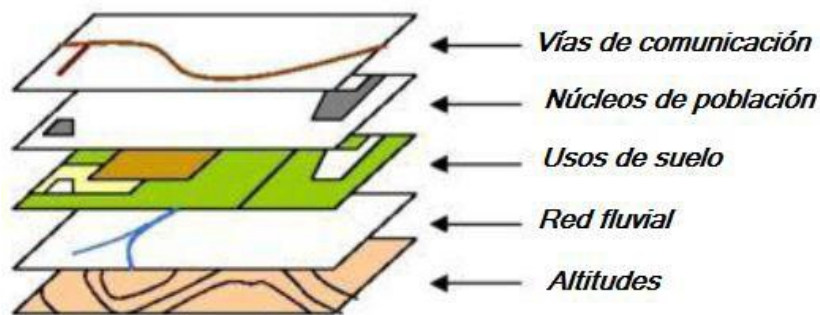


Figura 4.8: Temática de capas en un GIS o SIG(Lantada,2007).

Las distintas herramientas con las que cuenta un GIS permiten ver la situación de un determinado objeto en una cartografía concreta, y con un alto nivel de precisión.

Es posible manejar las características y resolver situaciones del elemento u objeto, también se pueden realizar acciones que varíen sus propiedades, incluso que este cumpla unas condiciones determinadas, podemos comparar objetos, etc.

Por su amplia versatilidad lo hace muy atractivo para cualquier campo de aplicación, ya que se puede utilizar en la mayoría de las actividades de carácter espacial.

5. LA VULNERABILIDAD SÍSMICA. FACTORES RELEVANTES

5.1. INTRODUCCIÓN

La incesante sucesión de eventos catastróficos ocurridos por eventos naturales como es el caso de los terremotos, ha dado lugar a una serie de formulaciones de metodologías y modelos de estimación de vulnerabilidad junto con la evaluación de pérdidas de daños ocasionados debido a sismos en zonas urbanas, que nos da una idea aproximada de la repercusión económica de futuros seísmos, y, además, la mitigación del riesgo poblacional. La aplicación de estos modelos de evaluación de pérdidas de un área edificada o bien de las líneas vitales es de gran importancia para las autoridades, en materia de planificación de emergencia y desastres.

El fenómeno sísmico aún es inevitable por su origen natural, esto lleva a intentar realizar mejoras que optimicen el comportamiento sismo-resistente de las nuevas estructuras o bien reforzando lo existente, con el fin de mitigar las pérdidas producidas por los seísmos, por ello surge la necesidad de los estudios de vulnerabilidad y riesgo sísmico, con el fin de generar planes para mitigar los desastres naturales futuros.

5.2. ASPECTOS GENERALES DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA

Cuando hablamos de como evaluar la vulnerabilidad sísmica, nos encontramos con diversas metodologías y técnica, unas más notables aplicadas últimamente en evaluación de vulnerabilidad sísmica y el daño estructural, y otras iniciativas de la evaluación de la vulnerabilidad sísmica, dirigidas a otros aspectos, no solo los estructurales. Sino también a sociales, culturales y económicos.

5.2.1. La vulnerabilidad de edificios

La noción de vulnerabilidad la podemos usar no solo para describir aspectos estructurales, además se puede utilizar para describir aspectos no estructurales, operativos, funcionales, entre otros. Por esta razón, hay que definir el tipo de afección o daño que a tener en cuenta a la hora de la evaluación de la vulnerabilidad.

La vulnerabilidad desde la perspectiva estructural, aparece cuando los edificios se llevan a cabo, en base a proyectos y materiales que no son apropiados para resistir esfuerzos extremos (como presiones originadas por el viento, presiones hidrostáticas, o sacudidas sísmicas) Lindell et al. (2007), el término vulnerabilidad ha sido estudiado ampliamente por multitud de investigadores. La explicación más utilizada de la *vulnerabilidad física* nos dice que es la tendencia que muestra de un sistema a soportar daños ocasionados por su interacción con procesos internos y externos, peligrosos. Esto es una propiedad de los sistemas, esto no lleva a la relación entre grado de vulnerabilidad y la amenaza a la puede estar sometido el sistema. Así pues, un sistema puede ser más vulnerable a un fenómeno que a otro, si la vulnerabilidad social es el daño que pueden asimilar los grupos humanos asentados en una zona determina, en relación a un conjunto de factores, psicológicos, socioeconómicos y culturales sometidos a cierta amenaza, CEPAL(2005), otros autores como Barbat et al.(2010) exponen que la vulnerabilidad se puede definir con un componente de riesgo interno de un elemento expuesto a eventos de peligro, y relacionas su predisposición a sufrir daños. Finalmente, la vulnerabilidad económica, física, política o social, es la propensión que tiene una comunidad a sufrir daño en un evento de amenaza de origen natural o antropogénico.

Sandi et al. (2008) definen la vulnerabilidad desde el aspecto cualitativo como: la propensión de un tipo de elementos en riesgo de sufrir efectos adversos ocasionados por terremotos potenciales. Estas definiciones son poco precisas. Por lo que es conveniente mejorarlas. Estas serían básicamente: Caracterizar los elementos de riesgo, la acción sísmica y cuantificar la severidad, caracterizar los efectos del sismo y cuantificarlos.

Bonnett (2003) Considera que la vulnerabilidad es definir el alcance lo cual está condicionado por distintos factores, como: tipo de daños que se pretende

evaluar, el nivel de amenaza existente en un ámbito concreto, la información a la cual se tiene acceso, y los datos disponibles relacionados con el daño observado durante sismo que han afectado la zona de interés. Yépez et al. (1996) comentan que el objeto de estudio de vulnerabilidad es definir el daño esperado en una estructura, o grupo de estructuras, en todo un entorno urbano partiendo de que pueda ocurrir un seísmo de unas condiciones concretas. Una vez se conoce el daño se intentan averiguar vías de soluciones para mitigarlo y minimizar al máximo las pérdidas que pudiera ocasionar un futuro seísmo. Con este tipo de soluciones es posible comparar un coste económico, con los costes de perdidas esperable, a fin de poder decidir si es o no necesario realizar futuras inversiones e incluso reforzar estructuras. La combinación de estudios de vulnerabilidad y peligrosidad, los cuales representan la probabilidad total de que una estructura sufra daños a distintos niveles en un instante de tiempo concreto.”

5.3. MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN ESTRUCTURAS.

El estudio de la vulnerabilidad sísmica de edificios en el interior de un área urbana, se determina a partir del uso de modelos numéricos de evaluación de daño sísmico de estructuras, o bien de la inspección de edificios in situ o a través de ensayos de laboratorio.

El punto de partida para diferenciar entre la vulnerabilidad observada, que la podemos definir aquella vulnerabilidad que se obtiene de la observación de los daños tras un terremoto y del análisis de tipo estadístico de los mismos para un determinada tipología estructural y la vulnerabilidad calculada que lleva consigo que la vulnerabilidad se obtiene a través del análisis matemático que se fundamenta en un modelo estructural o mediante el uso de ensayos de laboratorio de modelos a escala y sus resultados se expresan en función de la probabilidad (Yépes et al. 1996; Barbat et al. 1998).

Diversos investigadores han propuesto diferentes esquemas para la clasificación de técnicas y métodos de evaluación de la vulnerabilidad sísmica, a fin de obtener resultados con un mínimo grado de incertidumbre, sin embargo, esto no es así debido a los diferente niveles de dependencia de los factores implicados, objetivo de la evaluación, naturaleza, calidad y disponibilidad de los datos, las tipología y características de lo edificado, la escala utilizada, los criterios

de la metodología, el grado de aceptación de los resultados, y el uso de los datos obtenidos. Investigaciones realizadas por Bonetti (2003), Safina (2003) y Vicente et al (2011) comentan detalladamente la clasificación realizada por Corsanego y Petrini (1990) y Dolce (1994).

5.3.1 Corsanego y Petrini

Una de las categorizaciones más completas y con mayor reconocimiento en los estudios de vulnerabilidad sísmica es la Corsanego y Petrini (1990), están agrupadas, por el tipo de resultado que se obtiene, tenemos:

Técnicas Directas.

Nos dan de modo directo y en un solo paso, el daño producido por un sismo, a partir de dos métodos.

Métodos tipológicos- los edificios están clasificados en clases dependiendo del tipo de material empleado en su construcción, sus características, y otros factores que influyen en el comportamiento sísmico del edificio. La vulnerabilidad en este caso viene dada como la probabilidad de que una estructura sufra un cierto nivel de daño para una intensidad sísmica concreta. La evaluación de la probabilidad de daños se fundamenta en los daños observados y registrados tras un evento sísmico, y en la opinión de los técnicos. Las conclusiones que se obtienen con esta metodología están sesgadas en función de los parámetros estadísticos utilizados, ya que están basados en investigaciones de campo, los resultados son adecuados solo para el área de estudio o para áreas con tipologías (MPD) desarrollados por Whitman et al. (1973).

Métodos mecánicos – estos intentan predecir el efecto sísmico, que va a sufrir una estructura, para ellos se apoyan en el uso de modelos mecánicos adecuados.

En este tipo de métodos encontramos dos grupos que están relacionados con el modo de idealizar la estructura, es decir, los métodos analíticos fundamentados en modelos simples y los fundamentados en un análisis más concreto o de detalle. En el primero hay que tener capacidad para analizar un gran número de edificaciones en un breve periodo de tiempo y que sólo es necesario el uso de unos pocos parámetros, un ejemplo de este es el método desarrollado por Calvi (1999) en Catania (Italia). Mientras el segundo grupo, se utiliza en la evaluación de la estructura individual, estos implican un análisis detallado y modelos con una

mayor precisión que no siempre son adecuados en modelos de escenarios sísmicos en los cuales es necesario la evaluación de la vulnerabilidad de un gran número de estructuras. Los procedimientos más usados para analizar este tipo de métodos son.

- 1- El análisis lineal.
- 2- El análisis no lineal.

Técnicas indirectas

Son las que calculan el índice de vulnerabilidad en primer lugar, para luego relacionar el daño e la intensidad sísmica, mediante estudios post-sismo y estudios estadísticos. Muy útil a la hora de evaluar edificios de gran tamaño, un ejemplo de este es el método del índice de vulnerabilidad (IVM) GNDT (1993) y expuesto por Benedetti y Petrini (1984), apareció tras el estudio de la una serie de terremotos sucedidos en Italia. De otro lado, basados la asignación de puntaje se encuentra la técnica de selección rápida del ATC-21 (ATC, 1988), muy extendida en EE. UU para obtener una puntuación de la vulnerabilidad.

Técnicas convencionales

Se basan en métodos heurísticos, y utilizan un índice de vulnerabilidad que no está en función de la predicción del daño, utilizados básicamente para comparar la vulnerabilidad relativa de distintas construcciones de un mismo tipo ubicados en una zona concreta, en relación con algunos factores cuya contribución a la resistencia sísmica esta calibrada por expertos. Estos índices que se predicen da una medida relativa de la vulnerabilidad, aunque los resultados que se obtienen son difíciles de comparar para distintas tipologías constructivas, por la diferencia entre los factores considerados. Hay dos grupos de métodos que destacan, los primeros están basados en evaluar de modo práctico todas características físicas de las estructuras, y los segundos están centrados en los mismos criterios que utilizan las normativas de proyectos sísmo-resistentes, estos evalúan la relación demanda/capacidad de los edificios de modo simplificada. Uno de estos es el método de ATC-13 (ATC, 1985) muy conocido dentro de esta categoría, en el encontramos matrices de probabilidad de daño partiendo de la opinión de los expertos, el grado de incertidumbre que presenta tiene una limitación, relacionada con el procesamiento probabilístico. No obstante uno de los principales problemas

que presenta este método, es que no permite introducir nuevos datos o su aplicación a edificios diferentes y regiones distintas, ha sido utilizado en muchos estudios de vulnerabilidad sísmica en los últimos tiempos, Este método se basa en el estudio de los desplazamientos y aceleraciones espectrales como una medida de la acción sísmica, intenta emplear la subjetividad relativa de la opinión de expertos para clasificar los daños en 36 diseños o modelos estructurales; Para cada tipo de construcción y nivel de diseño, muestra una serie de parámetros para poder definir la capacidad de la estructura, la desviación máxima permitida entre plantas y los desplazamientos espectrales en los distintos estados de daño.

Técnicas Híbridas

Son aquellas que mezclan las particularidades de los métodos mencionados, como la función de vulnerabilidad sobre datos de vulnerabilidad observada y juicios de expertos.

Generalmente la vulnerabilidad es definida en clase apoyadas en la escala macrosísmica EMS-98 (Grunthal, 1998). El modelo mecánico y macrosísmico propuesto por Lagomarsino y Giovanazzi (2006), en el que se mezclan las características de métodos tipológicos y técnica indirectas. La vulnerabilidad de las edificaciones está relacionada con el uso de curvas de vulnerabilidad y capacidad transponiendo ambas.

Otros investigadores como Vicente et al. (2011), consideraron que la naturaleza de los criterios de análisis (cualitativo y cuantitativo) y su definición están condicionados por las metodologías y a la vez su nivel de evaluación que oscila entre una evaluación rápida de edificios fundada en la observación visual a la creación de complicados modelos numéricos de edificios individuales. Figura 5.1.

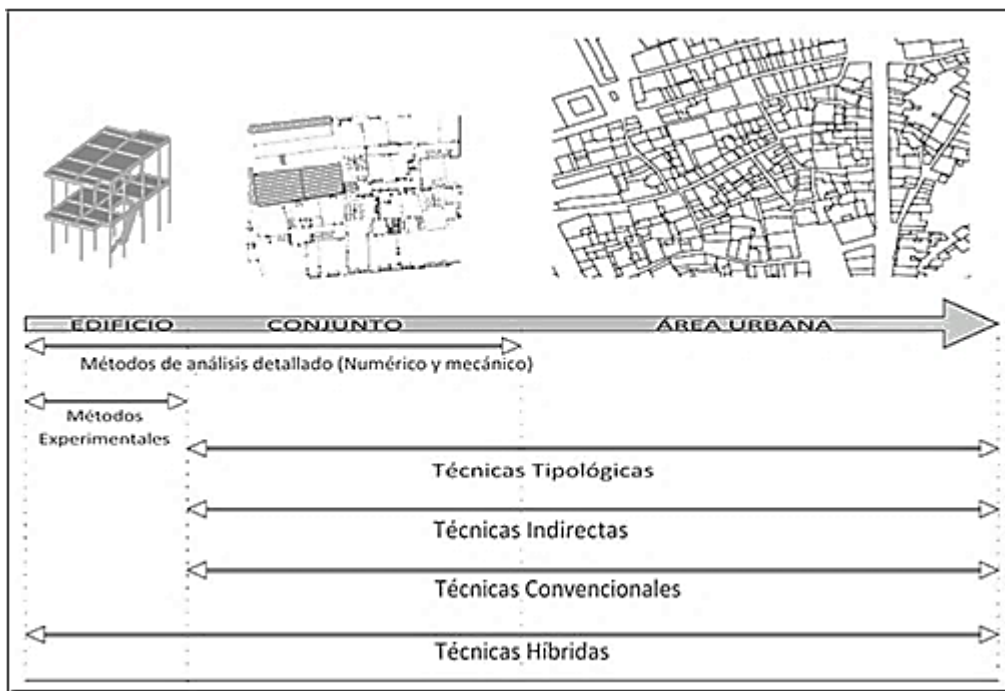
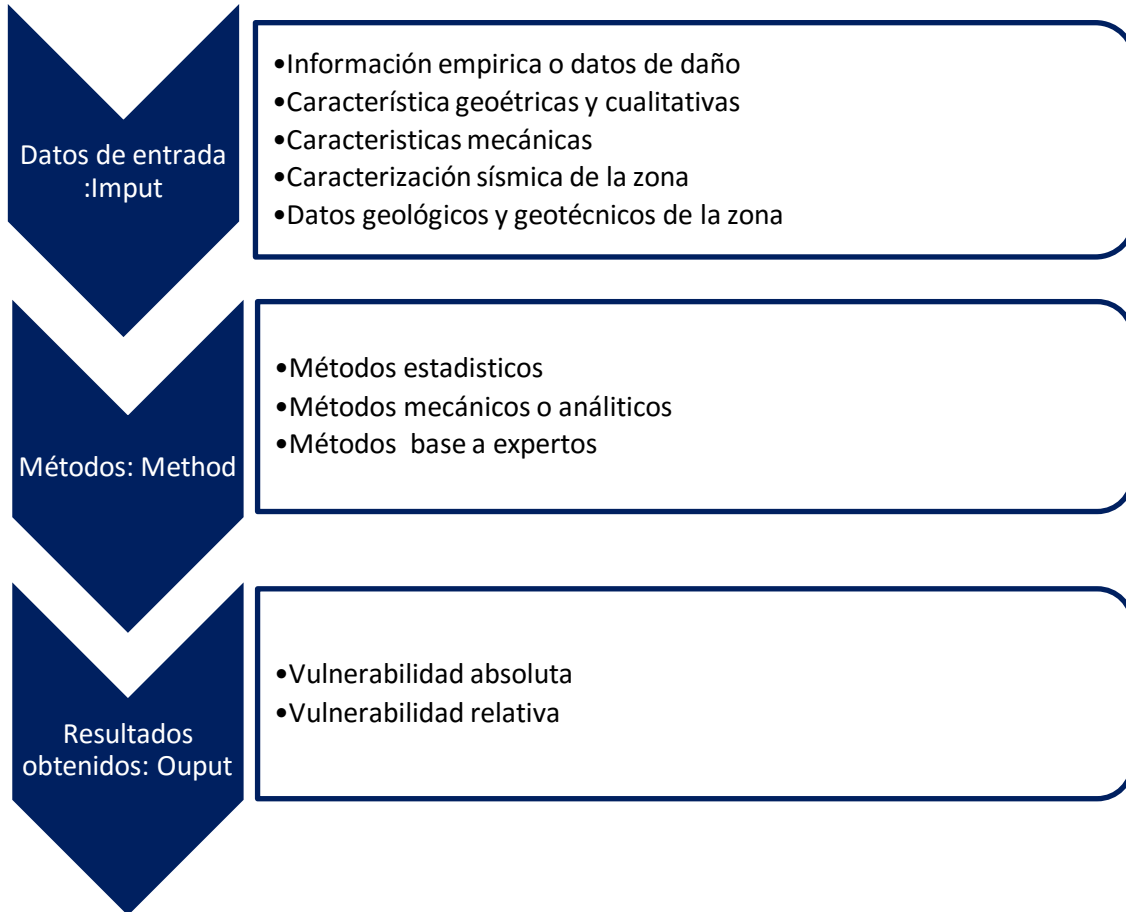


Figura 5.1 Análisis de evaluación de la vulnerabilidad (Vicente *et al.* 2011)

5.3.2. Clasificación según Dolce et al. (1994)

Dolce et al. (1994), proponen un modo de clasificación fundamentado en examinar de modo independiente las etapas básicas que forman parte de un análisis de vulnerabilidad: los datos, el método empleado y los resultados, e incluso es posible obtener distintas combinaciones de las diferentes etapas (figura 5.2 y 5.3). En relación a los distintos métodos, la clasificación reflexiona sobre tres tipos que se exponen de forma breve.

Figura 5.2. Esquema de etapas fundamentales del análisis. Fuente: Propia



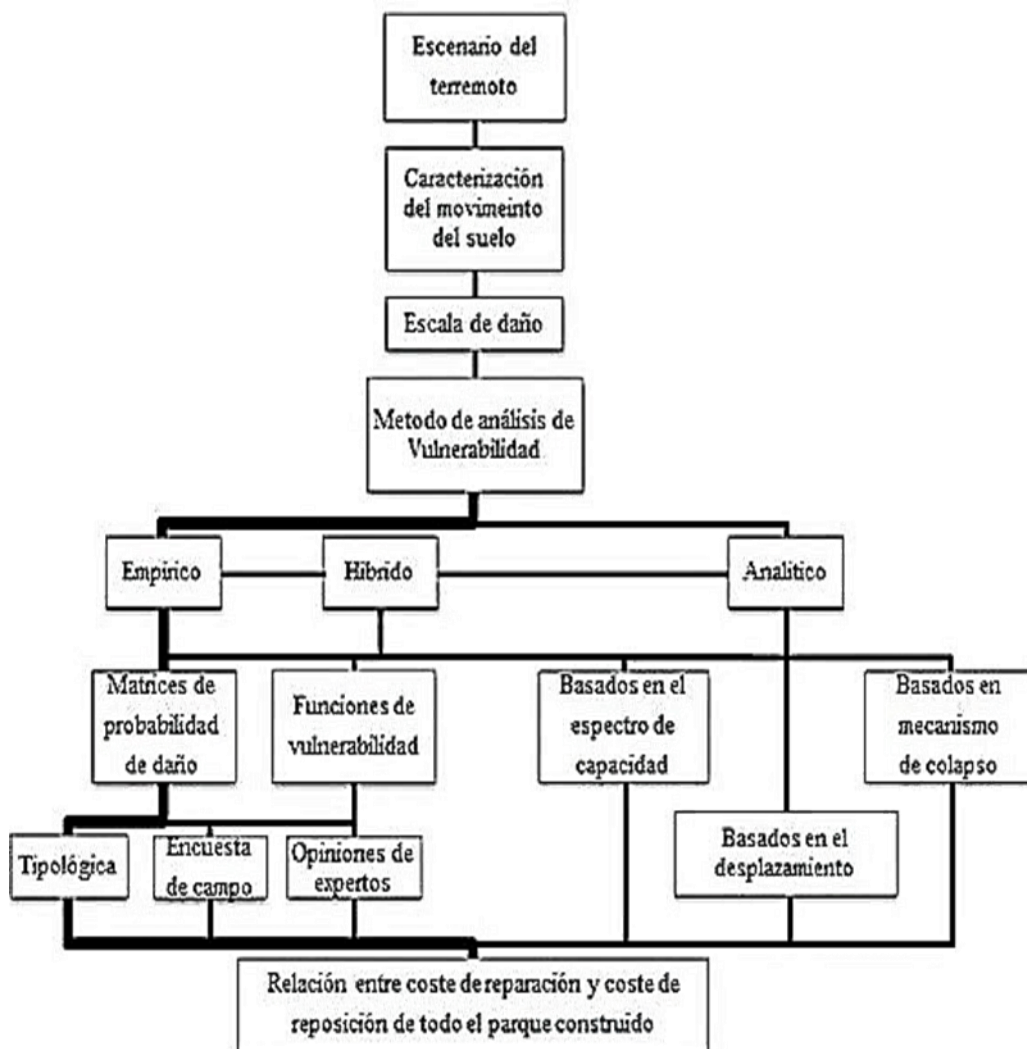


Figura 5.3 Evaluación del riesgo sísmico y métodos para evaluar la vulnerabilidad, (Calviet al. 2006).

Métodos estadísticos, en función del análisis estadístico de las edificaciones, caracterizadas por los datos iniciales, la evaluación de cómo se distribuye el daño se obtiene de la cuantificación estadística y la observación de los daños ocasionado por sismos anteriores.

Métodos analíticos, son aquellos que utilizan modelos mecánicos para predecir los daños que van presentar la estructura apoyados en algunos parámetros que muestren el comportamiento de la construcción frente al sismo,

como es el caso la desviación máxima entre plantas, la ductilidad y el índice de daño.

Estos métodos están basados en la opinión de los expertos; en este se evalúa cualitativamente y cuantitativamente los factores que gobiernan la respuesta sísmica de las edificaciones, de modo que es posible determinar el grado de exposición al que va a estar sometidos un grupo de estructuras.

5.3.3. Clasificación según Calviet (2006)

Una nueva visión para la caracterización de las metodologías de análisis de vulnerabilidad es la expuesta por Calviet et al. (2006). Se centran en que el propósito de la evaluación de la vulnerabilidad sísmica es la obtención de cuál es la probabilidad que presenta un edificio determinado de una tipología concreta a sufrir un determinado nivel de daño un seísmo de una determinada severidad. Los distintos métodos que han sido propuestos en el pasado los podemos englobar en dos categorías principales, métodos analíticos y métodos empíricos, ambos pueden ser empleados en métodos híbridos.

De modo generalizado, El método de análisis de la vulnerabilidad estiman el daño utilizando una escala, la cual puede tomar varios valores discretos. Ejemplos de uso frecuentes son: la escala MMI (Wood y Neumann, (1931), la escala MSK (Medvedev et al. 1965), y la escala EMS (Grünthal, 1998). Sin embargo, cuando se utilizan métodos empíricos para evaluar la vulnerabilidad, la escala de daño está fundamentada en las observaciones y consideraciones estadísticas. Cuando se emplean métodos analíticos, la escala de daño está relacionada con características mecánicas de la estructura asociada a Estados Límite.

5.4. METODOLOGÍAS EMPÍRICAS/ ESTADÍSTICAS

Dichos métodos que utilizan bases de datos de daños observados, para evaluar la vulnerabilidad, dichos métodos se han utilizado en los últimos cuarenta años, algunos de ellos solo usan la intensidad macrosísmica o la PGA en lugar de ordenadas espectrales, lo que ha ocasionado una gran dispersión de resultados, por ello se trata de enfoque válido para ser utilizado en los estudios de riesgo sísmico a gran escala (Calvi et al. 2006; Daniell, 2009).

Hay que comentar que presentan un alto grado de subjetividad, pero económicos de implementar (Safina, 2003), la problemática que se presenta con estos métodos es la falta de datos, así pues, es imposible valorar las consecuencias físicas de las características de los edificios de modo preciso (Ensure, 2009).

Existen dos tipos de métodos empíricos para la evaluación de la vulnerabilidad de una tipología de edificios basad en los daños observados tras un terremoto, los cuales se denominan relaciones de daño-movimiento del terreno

1- Las matrices de probabilidad de daños muestran de modo discreto la probabilidad condicional de que la estructura sufra un nivel de daño i dado un seísmo con un nivel de severidad j .

2- Las funciones de vulnerabilidad que son relaciones matemáticas o gráficas expresan en forma continua la vulnerabilidad en función de algún parámetro el cual describe el nivel de severidad del seísmo.

Una aplicación de este método fue aplicada por Whitman et al. (1973). Utilizó datos del seísmo de San Fernando en 1971, considerando al menos 1600 edificaciones de 5 o más alturas, generó matrices de probabilidad de daño para cada tipología de construcción. Cada uno de los elementos de la matriz que presenta un signo negativo formula la probabilidad de que una construcción de una clase concreta, experimente un nivel de daño por una intensidad sísmica definida, la relación de daño viene expresada por la correspondencia entre el costo de reparación y el costo de reposición. Este método está englobado en las técnicas directas de Corsanego y Petrini (1990)."

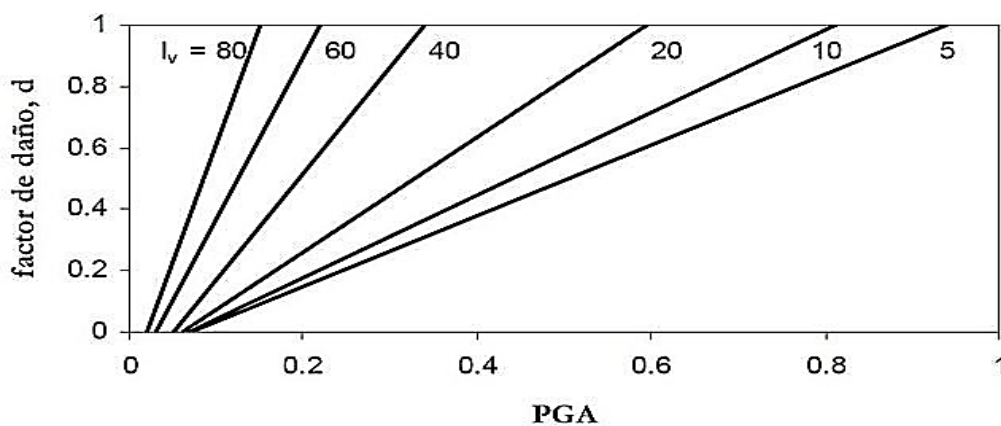
Las MPD están basadas en el criterio de expertos, se introdujo por primera vez en el ATC-13 (atc-1985), Asimismo, Giovinazzi y Lagomarsino (2004), desarrollaron un método utilizando la escala EMS-98 y utilizando la distribución de daños beta y la teoría de conjuntos difusos, usan un índice de vulnerabilidad de carácter empírico que considera la zona, las clases para la producción de MPD relacionados con el parque de viviendas, el patrimonio. Eleftheriadou et al. (2011), hicieron un estudio sobre la evaluación empírica apoyados en encuestas de 180.945 edificios dañados en el terremoto de Atenas en 1999, estos clasificaron en tipos de especificaciones estructurales, a los materiales, normas sismo-resistente y técnicas de construcción del sur de Europa, obteniendo las MPD y las curvas de fragilidad para tipos de edificaciones.

5.4.1. Metodología del índice de vulnerabilidad

Se trata de un método simple, basado en datos empíricos y clasificados como una técnica indirecta. Este ha sido desarrollado en Italia con una gran base de datos de información de los daños, obtenidos mediante encuestas de campo tras un terremoto (Benedetti y Petrini, 1984; GNDT, 1993). Este método se apoya en los datos que se han obtenido por inspección para realizar una evaluación de la calidad del proyecto y construcción sismo-resistente de los edificios mediante un coeficiente denominado índice de vulnerabilidad (I_v) que incluye una serie de parámetros que miden el daño originado por la acción sísmica.

El método establece una relación con el índice de vulnerabilidad obtenido, y el grado de daño global d que sufre la estructura, a través de funciones de vulnerabilidad para cada grado de intensidad macrosísmica del seísmo o para distintos niveles de aceleración máxima (PGA) como se muestra en la Figura 5.4.

Figura 5.4. Función vulnerabilidad para diferentes valores del índice de daño. (Calviet *al.* 2006).



El factor de daño d varía entre 0 y 1 y se define como la relación entre el coste de reparación y el coste de reposición.

Por tanto, existen 11 parámetros a evaluar en la calificación de los edificios que van desde los de mampostería simple hasta los de hormigón armado. Los valores de los coeficientes de calificación aplicados, K_i , cambian en función a las condiciones de calidad A (óptimo) hasta D (desfavorable), a la vez se ponderan mediante un factor W_i para dar cuenta de su importancia relativa, Barbat *et al.* (1998). El índice global de vulnerabilidad de cada uno de los edificios, se calcular

mediante la siguiente expresión (5.1):

$$I_v = \sum_{i=1}^{11} K_i W_i \text{ (Ecuación 5.1)}$$

Las ventajas y las desventajas de usar el método del índice de vulnerabilidad en relación al método de las matrices de probabilidad de daño, es que permite evaluar la vulnerabilidad de un edificio o conjunto de edificios similares dentro una misma tipología (mediante I_v), en función de la definición de vulnerabilidad general para toda la tipología.

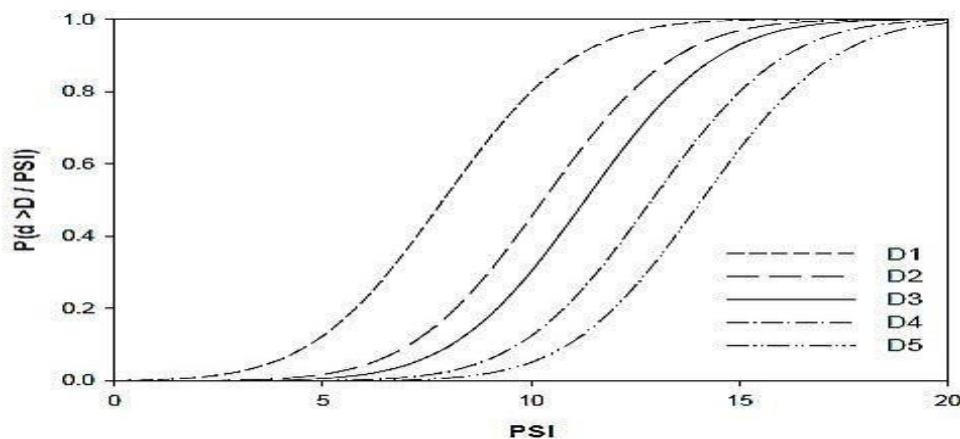
El enfoque del índice de vulnerabilidad de Milutinovic y Trendafiloski (2003), está adaptado e incluido en el método del nivel I de las dos metodologías aplicadas que son de aplicación en el proyecto Europeo RISK-UE reseñado por Mouroux *et al.* (2004), donde se consideró evaluar la vulnerabilidad sísmica y se determinaron escenarios de riesgo sísmicos para 7 ciudades de Europa, caracterizadas por diferentes niveles de sismicidad, estas fueron: Barcelona (España), , Catania (Italia), Sofía (Bulgaria), Bitola (Yugoslavia), Tesalónica (Grecia), Bucarest (Rumania) y Niza (Francia), Y en otras zonas de América del Sur.

De otro lado, el índice de vulnerabilidad es fácil de incorporar dentro de una evaluación basada en SIG multi-riesgo, normalmente se utilizan para elaborar escenarios sísmicos en las zonas urbanas y radican en la simulación de un solo sismo, por lo general la repetición del evento sísmico histórico en el área, y así estimar una distribución lo más realista posible de las consecuencias originadas por el evento sísmico. ENSURE (2009) destaca que el principal objetivo de estos procedimientos es determinar si un edificio requiere de una evaluación más concreta para una decisión sobre su nivel de riesgo sísmico, utilizando estos métodos o de análisis numéricos

5.4.2. Metodología basada en de curvas continuas de vulnerabilidad

Se trata de un método tipo empírico, basado directamente en los daños observados en edificios bajo la acción de terremotos históricos; surgió poco después del método MPD; un impedimento para la obtención de estas curvas es que la intensidad macrosísmica no es una variable de tipo continuo. Pero este inconveniente lo solucionaron Spence *et al.* (1992), utilizando una escala de parámetros de intensidad para obtener las funciones de vulnerabilidad fundamentada en el daño observado en edificios a partir de la escala de daño MSK, (Figura 5.5).

Figura 5.5. Curvas de vulnerabilidad de Spence *et al.* (1992) en pórticos de hormigón armado utilizando el PSI y MSK.



Otros tipos de curvas de vulnerabilidad empíricas en base a la observación de daños después de un terremoto han sido propuestas para evitar las imprecisiones o para obtener mejor calibración de estas y así ajustar los resultados obtenidos con métodos analíticos y/o ensayos de laboratorio, en los cuales el desplazamiento del terreno está caracterizado por la velocidad máxima del terreno (PGV) como exponen Yamaguchi y Yamazaki (2000).

5.4.3. Metodología de selección

Dicho método permite valorar rápidamente el comportamiento sísmico de edificios en base a la correlación de resultados. El método del índice sísmico japonés (JSIM) expuesto por JBDPA (1990), plantea tres niveles distintos de selección (I, II y III) en orden creciente de dificultad y de fiabilidad, para evaluar la reacción de un edificio. El comportamiento sísmico de una construcción se representa por un índice sísmico, I_s , que es calculado para cada una de las plantas del pórtico y en cada dirección del edificio utilizando la siguiente expresión (5.2)

$$I_s = E_0 S_D T \quad (\text{Ecuación 5.2})$$

Donde, E_0 es el comportamiento básico estructural, S_D es un subíndice relativo a la concepción estructural de la construcción, y T es un subíndice que está relacionado con los años del edificio. En el cálculo de E_0 es necesario hallar el producto del índice de resistencia de los elementos verticales de carácter vertical C y el índice de ductilidad F de los mismos, teniendo en cuenta el modo de fallo del edificio, el número de plantas y la posición de la planta de estudio. El coeficiente S_D considera la influencia de la distribución de rigidez, resistencia y masas de cada una de las plantas del edificio. Una vez se tiene el índice I_s , se establece una comparación con un índice de referencia I_{so} (índice de fallo sísmico) para determinar si el edificio es considerado como seguro frente a un determinado nivel de sismo.

Variados son los procesos de evaluación rápida que se han expuesto, el método de selección de seguridad sísmica (SSSM) de Ozdemir *et al.* (2005) para evaluarla la vulnerabilidad de los edificios en Turquía, siendo una adaptación del método(JSIM) o japonés este plantea un índice de evaluación de la vulnerabilidad (I_s). De otra parte, Hassan y Sozen (1997) sugieren que la evaluación de edificios de poca altura de hormigón armado aportando un índice de prioridad, que está en función de la superficie de las paredes, los paneles de relleno, las columnas y el piso, por otro lado, Yakut (2004) define un índice de capacidad, teniendo en cuenta la configuración de la estructura y parámetros secundarios. Por otro lado, la propuesta de Bal *et al.* (2006), como una técnica rápida para identificar las estructuras vulnerables a colapso, denominado P25-Método de puntuación, valora parámetros estructurales importantes que afectan al comportamiento sísmico de edificios y establece factores ponderación. Desde una misma idea de evaluación

rápida como Thermou y Pantazopoulou (2011), proponen índices de evaluación rápida de la vulnerabilidad sísmica en edificios de hormigón armado relacionados con el área de los elementos verticales, la demanda y capacidad de desplazamiento de unas plantas respecto de las otras, y considerando relaciones entre la rigidez del pilar o columna, la translación de la pared, y el refuerzo transversal y la carga centrada de elementos verticales.

EEUU es el procedimiento estándar es el de la ATC-21 (ATC, 1988), posteriormente con un sistema de puntuación más avanzado publican FEMA 154 (ATC, 2002); Exponiendo un procedimiento más rápido si cabe para identificar edificios que puedan suponer un grave riesgo para la pérdida de vidas y lesiones, o de los servicios, en caso de terremoto. Usa una metodología basada en una en un estudio de campo, enfoque que consiste en la identificación del sistema resistente estructural y el material de construcción, asignando una puntuación básica de riesgos estructurales y las en una serie de parámetros modificadores que están fundados en las características constructivas observadas

5.5. LAS METODOLOGÍAS ANALÍTICOS/MECÁNICOS E HÍBRIDOS

Otros métodos utilizados son los que se apoyan en los principios de la mecánica estructural, estos son capaces de caracterizar mediante el uso de algoritmos la vulnerabilidad (Figura 5.5), y a su vez calibran las características de los edificios existentes y la amenaza, de modo directo (Calvi *et al.* 2006). En general, se apoyan en el análisis de tipo no lineal, puesto que esta metodología permite la consideración de la degradación de la rigidez de los edificios ya existentes que se debe ser considerada (Daniell, 2009), y este es a escala local es más utilizado, por el gran número de cálculos a realizar, por ello el cálculo computacional es implicado en el caso de grandes zonas de estudio. Aunque, pueden ser útiles en estudios paramétricos de planificación urbana, para la reparación tras el sísmico y otras iniciativas parecidas.

A pesar de su complejidad los modelos, si se hace una comparación con los datos que se obtienen viendo los daños es importante para el posterior proceso de la validación de estos. Esta comparativa presenta dificultades en la práctica, en concreto con las incertidumbres relativas a los movimientos del suelo y a la falta de datos o de la subjetividad en los juicios de los técnicos en la materia. Los modelos

híbridos podemos encontrar, en métodos analíticos y empíricos juntos la combinación de las observaciones (Kappos *et al.* 2010) y los procedimientos concretos de calibración también son útiles en los modelos estructurales, evitando al tiempo el esfuerzo de cálculo excesivo. La principal ventaja de los modelos híbridos radica en el hecho de la ausencia de datos de daño en niveles de intensidad sísmica para un zona geográfica de estudio, y también van a permitir el calibrado de modelos analíticos lo cuales son utilizados en simulaciones numéricas.

Tanto las curvas de fragilidad y como las matrices de probabilidad de daño (MPD) derivadas de un proceso analítico; como si han sido obtenidas a partir de los daños observados tras los terremotos, recientemente se ha propuesto utilizar el análisis computacional y a fin de optimizar algunos de los problemas que implica el uso de los métodos empíricos. La Figura 5.6,

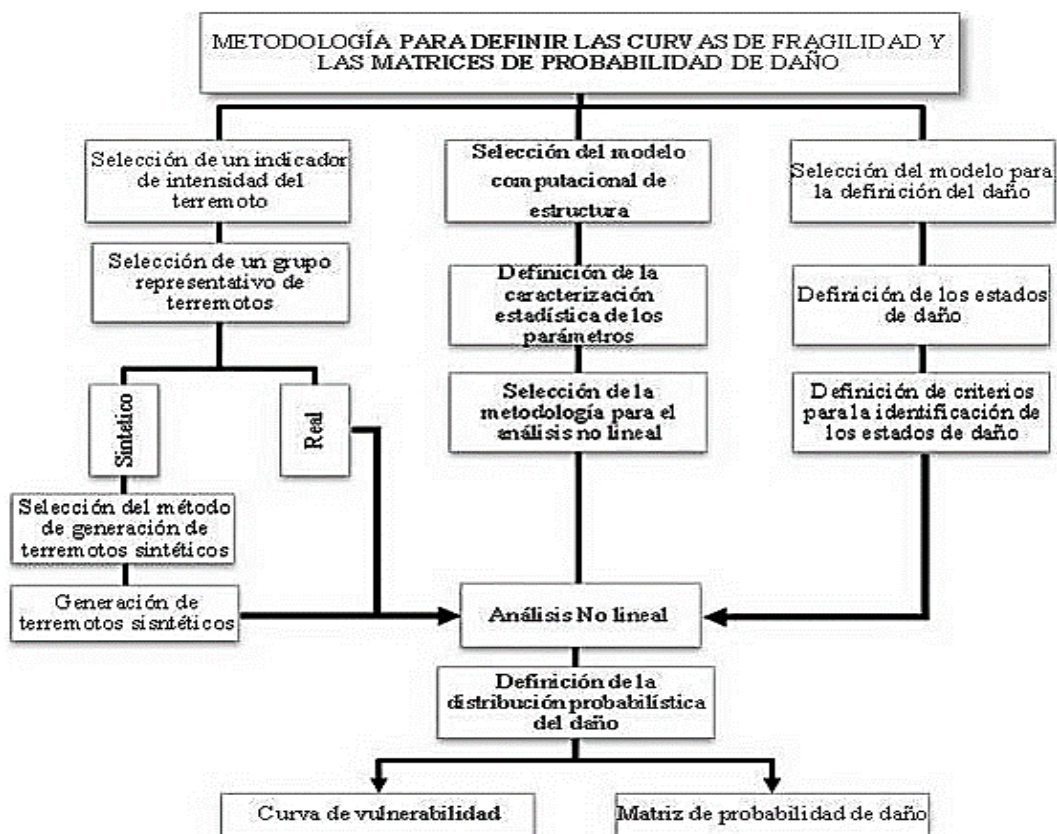


Figura 5.6. Cálculo de las curvas de fragilidad y matrices de probabilidad de daño con métodos analíticos, (Dumova-Jovanoska 2004).

Tomada de Dumova-Jovanoska (2004), vemos las componentes básicas que son necesarias para obtener de modo analítico las curvas de fragilidad y matrices de probabilidad del daño.

Por otro lado, Singhal y Kiremidjian (1998), Plantearon un punto de vista diferente para la estimación de las curvas de fragilidad o vulnerabilidad y matrices de probabilidad de daño (MPD) de distintos sistemas estructurales, utilizando en el estudio de la estructura un método de análisis dinámico no lineal. El nivel de desplazamiento del terreno en las curvas de fragilidad se define por la aceleración espectral y por MPD, está dada por la intensidad de Mercalli modificada. Establecieron las probabilidades coligadas a los diferentes estados de daño de distintos niveles utilizando la técnica simulación del método de Monte Carlo y analizaron tres tipologías de estructuras de hormigón armado considerado el Índice de daño de Park y Ang (1985) cuyo fin es identificar los diferentes grados de daño. Posteriormente desarrollaron curvas analíticas de fragilidad en estructuras de hormigón armado usando el método de Monte Carlo y renovaron estas curvas de fragilidad usando la respuesta de edificios frente a cargas sísmicas observadas en el terremoto de Northridge en 1994.

Por otro lado, Masi (2003) aplicó un procedimiento para caracterizar la vulnerabilidad sísmica de distintos tipos de pórticos de hormigón armado, de edificios construidos en Italia, apoyados en la aplicación de las normas italianas, manuales y prácticas en relación a la época de construcción. El estudio de Dumova-Jovanoska (2004) produjo unas nuevas curvas de vulnerabilidad y matrices de probabilidad de daño de edificios de hormigón armado construidos en la zona de Skopje. La relación entre daño sísmico e intensidad se obtuvo a través del modelado analítico de edificios de hormigón armado y utilizando el cálculo dinámico con terremotos sintéticos. El daño en las estructuras se evaluó con el índice Park y Ang (1985). Para el cálculo de la probabilidad de ocurrencia del daño se adoptó una distribución normal.

Rossetto y Elnashai (2005) plantearon curvas de capacidad a partir del empuje incremental adaptativo (*adaptive pushover*) de edificios en Europa y para ello usaron la metodología del espectro de capacidad para así, obtener el punto de capacidad por demanda (*performance point*), el cual se vio que se podía establecer una correlación con el estado de daño a través del uso de una escala calibrada con datos experimentales. Esta metodología se repitió usando espectros de aceleración-

desplazamiento en varios registros de movimientos sísmicos y la variabilidad en las propiedades estructurales de los edificios se modeló usando un método de superficie de respuesta, lo que llevo a la obtención de curvas analíticas de vulnerabilidad apoyadas en el desplazamiento.

“Ellingwood *et al.* (2007) el desarrollo las curvas de fragilidad para edificios de estructura metálica y hormigón armado en la zona centro y al este de los Estados Unidos, en la cual los edificios están sujetos a los niveles de cargas sísmicas entre bajo y moderado. Considera que la curva de fragilidad sigue una distribución log-normal, por tanto, las fragilidades sísmicas para los pórticos utilizan modelos simples estocásticos de la demanda sísmica y la capacidad estructural. Así mismo, Vielma *et al.* (2007). Usó un procedimiento de análisis no lineal para estructuras de hormigón armado basado en el control de fuerzas el cual considera un índice de daño calculado mediante el uso de elementos finitos, su comportamiento estático no lineal se obtiene para tres edificios con diferentes niveles de ductilidad, alcanzando diferentes umbrales de daño mediante el análisis de la evolución de la deriva relativa de suelo respecto al desplazamiento del nivel de techo. Dichos límites de daño se usan en la determinación de las curvas de fragilidad aplicando la distribución log-normal y las matrices de probabilidad de daño para cinco estados.

Michel *et al.* (2012), Plantea un modelo de evaluación de vulnerabilidad para daños leves asentado en parámetros experimentales, para ello desarrollaron dos metodologías distintas para la creación de curvas de fragilidad: usando para ello un sistema MDOF el cual incluye los modos superiores de vibración y movimientos sísmicos completos y usando un sistema SDOF considerando el modo principal o fundamental de vibración de la estructura y espectros de respuesta de desplazamiento. Estos dos métodos fueron aplicados a la ciudad de Grenoble, donde estudiaron 60 edificios con tipologías que abarcan desde la mampostería y al hormigón. Para ello consideraron un escenario sísmico específico del sitio según un terremoto con condiciones locales, el modelo solo es útil para regiones de alta sismicidad.

5.5.1. Metodologías basadas en el espectro de capacidad

Se trata de una técnica de análisis sísmico fundado en comportamiento desarrollado inicialmente por Freeman et al. (1975); modificado y adaptado posteriormente como un procedimiento de análisis no lineal estático por el ATC-40 y FEMA 440 (ATC, 1996; ATC, 2005) e incluido en la metodología HAZUS, el MEC con el fin de establecer procesos simples para determinar el punto de capacidad por demanda "Performance point" de una estructura cuando está sometida a esfuerzos de carácter sísmico de diferente intensidad, mediante un proceso gráfico se compara la capacidad de resistir fuerzas laterales con la demanda sísmica, representada por un espectro de respuesta reducido, lo que implica la superposición de los espectros de capacidad y de demanda en un sistema cartesiano de formato ADRS (Espectro de aceleración vs desplazamiento) como se muestra en la Figura 5.7.

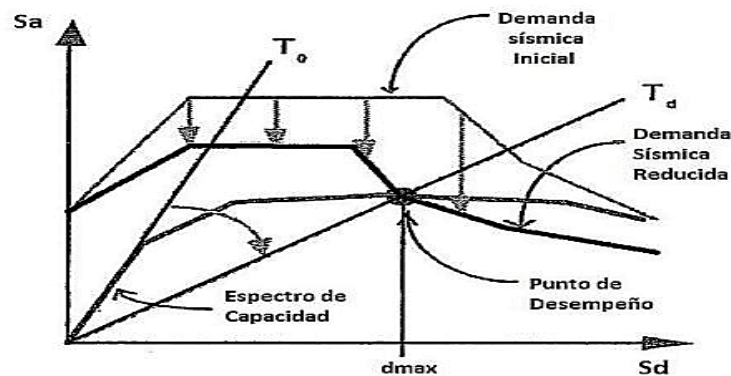


Figura 5.7. MEC para determinar el punto de capacidad por demanda.

El espectro de capacidad derivado de un análisis estático no lineal con empuje incremental (*pushover*). Desde un enfoque mecánico simple la estructura es sometida a una carga estática lateral es como si solo tuviera un grado de libertad, además, la demanda sísmica inicial está caracterizada mediante un espectro de respuesta elástica $S_{ae}(T)$ que se transforma en un sistema cartesiano de formato S_a - S_d . El punto de intersección entre los espectros de capacidad y de demanda es el punto de máxima sollicitación de la capacidad de la estructura por parte de la demanda a la cual se ve sometida (punto de capacidad por demanda). El ATC-40 contiene tres técnicas específicas para su determinación.

La metodología HAZUS (HazardUS), es para estimar las pérdidas

potenciales debidas a terremotos (NIBS, 1999; FEMA, 2003). Esta metodología inicialmente incluye seis diferentes módulos:

- 1.-Estimación de la peligrosidad sísmica
- 2.-Realización de un inventario de edificios y su clasificación
- 3.-Evaluación de la vulnerabilidad
- 4.- Daño físico por inundaciones
- 5.-Las pérdidas directas económicas/sociales debido a víctimas
- 6.-Pérdidas económicas indirectas, evaluación de largo plazo.

La estimación de la vulnerabilidad del módulo 3 utiliza el MEC del ATC-40; y las curvas de fragilidad representadas por funciones de distribución log-normal, y definidas para cuatro Estados Límite de daños.

Otros como Giovinazzi (2005) presentaron un proceso mecanizado basado en desplazamiento para evaluar pórticos de hormigón armado y mampostería, utilizando una curva de capacidad que se transformó en un gráfico en formato Sa-Sd. Desarrolló espectros de capacidad para distintas tipologías de edificios, usando el método del espectro de capacidad (MEC) pero, los umbrales de desplazamiento los calculo en base a juicios técnicos. En el análisis de prototipos se utilizó las funciones de fragilidad del modelo de HAZUS. Junto a una distribución binomial para modelar la distribución de daños de Braga *et al.* (1982), que no es necesariamente cierta por la simplificación que supone, todo ello ha sido rebatido por Calvi *et al.* (2006).

5.5.2. Metodología basada en el desplazamiento

Otro tipo de método de evaluación de la vulnerabilidad es el que se fundamenta en desplazamientos, expuesto por Priestley en 1993 y posteriormente desarrollado por Priestley (1997) y Calvi (1999); en él se propone utilizar el desplazamiento como indicador del daño, junto con una representación espectral de la demanda sísmica. Este es también conocido como Método directo de diseño DirectDisplacement-basedDesign (DDBD), donde el comportamiento de una estructura de varios grados de libertad se representa mediante un sistema de un grado de libertad que equivale a un oscilador con una masa efectiva (m_e). La representación bilineal de fuerza- desplazamiento de la estructura está

caracterizada en términos de la rigidez efectiva o secante (K_e) en el desplazamiento máximo (Δd), (Priestley *et al.* 2007).

El método advierte que para un nivel de ductilidad se calcule un amortiguamiento viscoso, del amortiguamiento elástico e histéresis de la energía absorbida durante la respuesta elástica.

Una versión más pulida del enfoque DDBD expuesta por Calvi (1999), para edificios de hormigón armado en Europa, es la llamada DBELA se ha formulada recientemente por (Crowley *et al.* 2008).

En otras investigaciones se ha considerado la importancia de algunas técnicas de evaluación expuesta con anterioridad, los autores han aplicado más de 7 técnicas de evaluación de daño como Ugel *et al.* (2012), se expone la aplicación de las técnicas, además de un análisis comparativo y la conclusión de la incorporación las mismas.

5.6. ANÁLISIS

La revisión realizada de algunos de los más importantes estudios realizados en la evaluación de la vulnerabilidad de los últimos años, no incluye todas las técnicas y procedimientos de valoración de pérdidas, además tampoco encaja en alguna de las categorías expuestas en el capítulo.

Los distintos métodos de evaluación de la vulnerabilidad basados en métodos estadísticos y la observación de los daños son fiables en el análisis a gran escala, principalmente por dos razones: la primera es que necesitan de menos información y menos recursos y con los que se cuentan en la actualidad la simplificación de los modelos analíticos aún requiere la validación por medios del uso de los ensayos experimentales. Pese a, las incertidumbres implícitas en las curvas de vulnerabilidad empírica y la bondad de los datos de clasificación deben estudiarse en mayor profundidad, principalmente en lo que respecta a la toma de datos tras los terremotos.

Calvi *et al.* (2006) deducen, que una buena metodología de evaluación de vulnerabilidad debe de contar con las siguientes características:

- Debe incorporar acontecimientos recientes en el campo de la evaluación de los riesgos sísmicos,
 - Las fuentes de incertidumbre tienen que calcularse de forma explícita.
 - El modelo debe ser adaptable a las prácticas de construcción de cualquier localidad región y País y considerar la inclusión de nuevas tipologías edificatorias
 - También debe buscar un equilibrio entre la intensidad computacional y la cantidad de datos necesarios y el consiguiente grado de confianza en los resultados.
- No obstante, es improbable que se pueda producir una metodología única capaz de cumplir verificar todos los requerimientos.

Por otro lado, la mitigación ante los efectos adversos producidos por terremotos, la disminución de la vulnerabilidad de las edificaciones es prioritaria y, por ello, el desarrollo de modelos más fieles a la hora de realizar la de evaluación de vulnerabilidad en la cual combinamos, los métodos de analíticos y estadísticos Los resultados a obtener y validar se ajusten más a los criterios.

6.INVESTIGACIÓN: OBJETIVOS, MODELO PROPUESTO Y RESULTADOS

6.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se va a describir el plan de investigación, así como su proceso y desarrollo. Como punto de partida se utilizan fuentes de información secundarias, haciendo la revisión y análisis de los contenidos de" diversa documentación bibliográfica relacionada con la temática a tratar, para conocer el estado de la cuestión respecto de la conceptualización sobre el riesgo sísmico, así como de todos los elementos implicados en este, peligrosidad sísmica, vulnerabilidad y el planeamiento urbanístico.

Mediante la consulta de bibliografía especializada en materia de sismicidad se han podido conocer las opiniones y juicios de diferentes autores, para discernir las peculiaridades que tiene el riesgo sísmico.

Como se ha visto en capítulos anteriores, encontramos distintas metodologías de estimación del riesgo sísmico, además los distintos parámetros que lo integran.

En el caso de la vulnerabilidad sísmica, existen modificadores por comportamiento que están vinculados a la vulnerabilidad de las edificaciones, independientemente de su tipología estructural. Estos modificadores están definidos y calibrados, incluso algunos de ellos por diferentes autores. En esta tesis nos interesa identificar todos aquellos modificadores que o bien estén regulados en las normas urbanísticas de las ciudades, o bien pueden ser regulados en estas.

Del mismo modo en el caso de la peligrosidad sísmica, encontramos una serie de parámetros que influyen de modo directo o indirecto en la planificación urbana.

6.2. ANTECEDENTES O ESTADO DEL TEMA

Una vez realizadas las consultas oportunas, el tema a desarrollar contiene un escaso margen en antecedentes que de forma directa incidan sobre la cuestión. Así, en casi todos los casos se ha prestado más atención a las edificaciones, al intento de predecir el suceso y a coordinar la situación una vez que se produce el sismo. Quizás no se ha reflexionado suficientemente sobre cómo podemos planificar las ciudades de modo que los movimientos sísmicos les afecten en la menor medida posible.

En una primera aproximación, los trabajos más relevantes encontrados sobre el tema se han realizado en zonas de América del sur (Aguilar Bardales. Z, 2000), (Kiroiwa. Julio, 2002), (O'Connor Salomón. H, 2008), que se centran principalmente en mitigar los desastres naturales utilizando el planeamiento urbanístico.

Otro tipo de estudios encontrados son aquellos que se centran principalmente en la obtención del riesgo sísmico y la vulnerabilidad sísmica en entornos urbanos, (Roca. A et al, 2006), (Carreño T.M-L, 2006), siendo variadas las técnicas empleadas, si bien las más avanzadas son aquellas que se apoyan en un GIS¹ (Latanda Z. M^a N, 2007), (Aguilar Meléndez. A, 2011).

6.3. PROBLEMA. INTERÉS Y JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La presente propuesta surge a raíz de los últimos movimientos sísmicos que han ocurrido en la Región de Murcia. Como se ha comentado anteriormente la mayoría de estudios se centran en la peligrosidad sísmica y vulnerabilidad sísmica, entendida la primera como la probabilidad de ocurrencia de una acción sísmica se dé en una zona del territorio con una intensidad, duración y extensión concretas, mientras que la vulnerabilidad sísmica se refiere la marca que deja la acción sísmica sobre las construcciones, instalaciones, servicios, etc., analizado previa ocurrencia del seísmo, por lo que un sismo puede ser de mayor o menor envergadura si este sucede en una zona la cual está habitada y con edificaciones de pésima calidad ó no causar daños si se produce en una zona desierta o con edificaciones de excelente calidad. Ambos conceptos quedan englobados en el riesgo sísmico.

¹*Geographic Information Systems* (GIS). Aplicación que permite la combinación, exportación y gestión de los datos, además de generar otro tipo de información útil para valorar el daño y otros aspectos afines con el riesgo sísmico de una ciudad.

Puesto que aún no es posible predecir con exactitud un fenómeno sísmico, el único modo de mitigar sus consecuencias es contar con la prevención, tanto en la forma de construir desde una perspectiva antisísmica de los edificios e infraestructuras, como planificación territorial y urbana, esta última es en la que se quiere hacer mayor hincapié en este trabajo, ya que no ha sido prioritario el planeamiento urbano en materia de prevención de los efectos producidos por un sismo. Es por ello por lo que se debe de prestar mayor atención al planeamiento urbanístico de nuestras ciudades, a fin de mitigar el riesgo sísmico.

6.4. OBJETIVOS CIENTÍFICOS QUE SE PERSIGUEN

En este trabajo se encuentra en el ámbito de la investigación en el campo del urbanismo y la sismología. Se pretende el siguiente objetivo:

- Dividir el área urbana en zonas de diferente calificación de riesgo, esto podría ser con una escala de color, rojo, amarillo y verde o bien de modo cualitativo, es decir, el riesgo es muy alto, alto, medio, bajo, muy bajo.

Dicha división, a su vez, pretende conseguir los siguientes objetivos específicos:

- Recomenzar para cada zona, un determinado uso del suelo (residencial, industrial, terciario), definir el modo más apropiado de ordenación, como, por ejemplo, edificación aislada, alineación con la calle, definición volumétrica, así como las tipologías edificatorias, además de los lugares apropiados para los sistemas generales y los espacios libres.

- En las zonas donde ya existan edificaciones, se pretende generar una ficha la cual asignara a cada edificación existente el nivel de riesgo que presenta.

Para ello se puede utilizar, un sistema de información geográfica ARCINFO², que permite la incorporación de mapas de peligrosidad sísmica, mapas geológicos, geotécnicos, la zonificación catastral de la ciudad, altimetría etc.

²Arcinfo es un software de tipo escritorio con funcionalidad completa (vectorial y raster) para cualquier tarea dentro de un Sistema de Información Geográfica (SIG) profesional.

6.5. METODOLOGÍA

El primer punto de partida de esta línea metodológica será identificar y definir los parámetros urbanísticos que afectan al riesgo sísmico, desde la perspectiva de la vulnerabilidad de los edificios y la peligrosidad del terreno, puesto que estos pueden producir una modificación de los daños sufridos tras un terremoto.

La línea metodología se divide en dos bloques. El primer bloque, identificación de los parámetros urbanísticos y constructivos que condicionan la vulnerabilidad de un edificio.

El segundo bloque, consiste en la determinación de aquellos parámetros que intervienen en el proceso de evaluación de la peligrosidad sísmica en una zona e intervienen en el desarrollo urbanístico de una ciudad.

El tercer bloque consiste en, una vez identificados aquellos parámetros urbanísticos, que tienen relación desde la vulnerabilidad y la peligrosidad, establecer una ponderación de cuales tienen una mayor relevancia sobre los daños ocurridos tras un terremoto. Para dividir el área urbana en zonas de diferente calificación de riesgo, esto se realiza a través del uso de una escala de color, la cual abarca desde rojo intenso, pasando por amarillo y finalmente verde.

Dicha división, a su vez, de lugar a una serie de prácticas fichas, en la cuales, se recomienda para cada zona, un determinado uso del suelo (residencial, industrial, terciario), definir el sistema de ordenación más apropiado, como, por ejemplo, alineación de calle, edificación aislada, definición volumétrica, así como las tipologías edificatorias, además de los lugares apropiados para los sistemas generales y los espacios libres.

En las zonas donde ya existan edificaciones, se pretende generar una ficha la cual asignara a cada edificación existente el nivel de riesgo que presentan.

6.6. VIABILIDAD

El proyecto de investigación doctoral se inscribe dentro del programa de Doctorado URBANISMO al departamento de Ciencias Politécnicas, de la Universidad Católica San Antonio. Este aspecto lo convierte en una propuesta académica que viene directamente ligada con la culminación satisfactoria del Programa de Máster Oficial Urbanismo que dirige el departamento Ciencias Jurídicas y Sociales. En La propuesta de plan de doctorado está construida sobre las bases de este primer trabajo de investigación y supone la realización ulterior de un conocimiento más amplio en la materia.

La aportación principal del trabajo está ligada con el estudio de las áreas metropolitanas y las consecuencias del planeamiento urbanístico de estas, frente a un evento sísmico en un contexto urbano, a múltiples escalas de la realidad territorial, visto éste desde la óptica de un referente positivo. Por tanto, la motivación para la presente propuesta tiene fundamentos teóricos y de una lógica comprobada en análisis previos de la materia.

En cuanto a la capacidad técnica para la realización del tema doctoral debo aclarar que poseo los estudios previos necesarios, dispongo del tiempo requerido para su elaboración, y tengo experiencia en el manejo de bases de datos con información esencial para este tipo de análisis. Mis estudios de Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, junto a los de Máster Oficial arriba mencionado, hacen que este familiarizado con la manipulación matemática y con la definición de aspectos analíticos. Igualmente se podría citar el conocimiento en el manejo de herramientas disponibles para el análisis y la representación como lo son los paquetes de software estadístico y de Sistemas de Información Geográfica.

Sobre la disponibilidad de la información contundente, es necesario decir que tengo acceso a bases de datos sobre las que hago una relación a continuación:

- Información pública de los censos en los respectivos organismos de estadística de cada país.
- Zonificación y archivos gráficos de cada una de las regiones que pueden ser importantes a considerar en este estudio.
- Bases gráficas y numéricas de superficies de usos de suelo Corine Land Cover
- Bases de información Catastral

Adicionalmente a las bases de datos citadas es importante mencionar que tengo acceso a documentos, artículos publicados, libros, memorias, Tesis de Máster y Doctorales que hacen parte del universo temático común al estudio propuesto por el presente Plan de Doctorado.

6.6 APORTE ORIGINAL QUE SUPONDRÍA EN EL CAMPO CIENTÍFICO CORRESPONDIENTE E INTERÉS DEL PROYECTO

El resultado de esta tesis como aporte original supondría un método simplificado, de dividir el área urbana en zonas de diferente calificación de riesgo, incidiendo en el análisis de la topografía, geología, geotécnica y parámetros urbanísticos del área a estudiar.

7. PLANEAMIENTO URBANÍSTICOS Y SU RELACIÓN CON EL RIESGO SÍSMICO

7.1. INTRODUCCIÓN

Como hemos visto en capítulos anteriores, encontramos distintas metodologías de evaluación de la vulnerabilidad sísmica, nos encontramos con una serie de modificadores que dan lugar a una variación de la conducta de los edificios desde la perspectiva de la vulnerabilidad, con independencia de su tipología estructural. Estos modificadores se han definido y en algunos casos calibrado. El interés se encuentra en los modificadores que pueden ser establecidos desde el planeamiento urbano de las ciudades.

Del mismo modo ocurre con la peligrosidad sísmica, existe una serie de parámetros los cuales se han descrito anteriormente que dan lugar a un incremento de esta. Con lo cual si ambos elementos, son utilizados para determinar el riesgo sísmico de una zona, si realizamos un análisis pormenorizado de estos, podemos llegar a establecer aquellos que son más determinantes a la hora de incrementar o disminuir el riesgo sísmico en una ciudad, y por lo tanto establecer una zonación del territorio que va a ser sometido a un desarrollo urbanístico, o el terreno ya urbanizado. En la cual queden establecidas unas normas urbanísticas acordes al riesgo sísmico de esta.

Para lo cual, se debe de analizar el planeamiento urbanístico existente de las ciudades, desde un punto de vista físico, territorial y vinculante a escala municipal.

El territorio ordenado que hoy denominamos ciudad es el resultado de una serie de intervenciones y transformaciones del entorno, mediante actuaciones de planeamiento urbano de los distintos organismos con competencia en materia de planificación territorial.

El urbanismo puede ser entendido desde dos puntos de vista: Como una teoría urbanística (aglutinación de conceptos y planteamientos sobre la formación y evolución de la ciudad). O bien desde la perspectiva del planeamiento urbano (como actividad práctica, reflejada en planes para actuar sobre el territorio urbano). Ambos enfoques, tienen como área básica de actuación el territorio y a una escala determinada: el territorio urbano y la escala local o municipal.

El espacio urbano se ha ido conformando por una progresiva transformación del espacio rural en espacio construido o edificado, todo ello mediante un proceso urbanizador.

En el suelo urbano existe, a su vez, dos tipos de espacios, uno el espacio público (lo vacío del espacio urbano) y espacio parcelado o construido (lo llenodel espacio urbano, de carácter privado). La delimitación de uno de ellos supone, automáticamente, la delimitación del otro. La interrelación entre ambos y su disposición espacial da lugar a lo que se denomina tejido urbano o trama urbana (la peculiar morfología de un área urbana que resulta del modo en que se disponen espacios públicos y espacios edificados). Dando lugar a tramas regulares/irregulares, espontáneas/proyectadas, ordenadas/desordenada, conservadas/deterioradas y homogéneas/heterogéneas.

Los espacios públicos se conectan unos con otros formando la red de espacios públicos (viario, plazas, parques, áreas peatonales). Los edificios de las ciudades, por otro lado, tienen unas características determinadas (uso, proceso constructivo, materiales, ...). Las síntesis de estas características nos dan un tipo edificatorio, que puede variar según la época histórica, según el modo de edificar, y el modo de ocupación de la parcela (parcelas contiguas, aisladas, ocupación total o parcial etc.).

El progresivo proceso de urbanización, que implica la transformación de un territorio antes rural, se apoya, en muchos casos, en referentes territoriales (camino rurales, márgenes de ríos, calzadas romanas etc.), que van incorporándose (y transformando) al espacio urbano.

La ocupación residencial, la transformación territorial y el crecimiento urbano que lleva al proceso urbanizador ha ido sucediendo sobre la base de las operaciones fundamentales: la parcelación (morfología de ocupación del suelo) y la edificación (construcción de los edificios según tipologías).

La solución a los problemas urbanos, de planificación y control de crecimiento urbano, la compatibilidad de usos del suelo, la regulación de las acciones de los agentes sociales en el territorio urbano, son interrogantes que el planeamiento urbanístico debe enfrentar hoy y en el futuro. Por ello, la capacidad normativa y vinculante de este debe servir para reforzar su intención de planificación y control territorial.

7.2. QUE SE ENTIENDE POR PLANEAMIENTO URBANO Ó PLANIFICACIÓN URBANÍSTICA

El planeamiento urbano es el modo particular de llamar a la planificación física, de carácter normativo, que tiene por entorno de actuación el municipio, y el territorio urbano. Entre los temas básicos del planeamiento urbano se encuentra:

- La ciudad como parte integrante del territorio, la ordenación de todo el territorio municipal, y la articulación ciudad- territorio.
- La delimitación de los espacios públicos y privados.
- El esquema ordenador, es decir el patrón de ordenación del espacio urbano.
- La red de espacio públicos
- Las actividades públicas y privadas en los espacios parcelados, zonación para la distribución de usos.

Como resultado de todo ello, se puede decir que la ciudad debe ser objeto de análisis e intervención, de diagnóstico y propuesta, de planeamiento y gestión.

Todo ello es el objeto de la disciplina denominamos urbanismo, que tiene por instrumentos particulares de análisis e intervención sobre los problemas urbanos.

Los conflictos entre intereses públicos y privado están presentes en todos los aspectos de la vida humana, aunque es en el espacio urbano donde adquieren un protagonismo absoluto.

En ocasiones, y aunque se toma el planeamiento urbanístico como un todo, se puede diferenciar entre lo que es planeamiento propiamente dicho y lo que es la gestión:

-Planeamiento: fase que finaliza con la redacción y aprobación de un plan para ordenar el suelo urbano y para preparar previsiones y propuestas.

-Gestión: fase de ejecución de las propuestas y de materialización de éstas.

En el primer caso se atiende más a las necesidades colectivas, mientras que en el segundo a los conflictos de la propiedad. Pero en el caso que nos ocupa nos centraremos en el planeamiento.

7.3. ASPECTOS GENERALES DEL PLANEAMIENTO URBANÍSTICO

De acuerdo con la Real Academia Española la palabra Planeamiento significa “Acción y efecto de planear”, define planear como “Hacer planes o proyectos”, en términos técnicos se puede definir como el conjunto de documentos gráficos y descriptivos con los cuales se definen los parámetros urbanísticos de un suelo.

7.3.1. Planeamiento urbanístico

El planeamiento urbanístico determina la ordenación pormenorizada en un municipio o ciudad, en base a ello se redactan los proyectos urbanísticos y arquitectónicos. Para lo que se definen una serie de parámetros, siendo de uso habitual en urbanismo y arquitectura. Estos se han interpretado de diverso modo ofreciendo una visión poco precisa, y a la vez creando conflictos desde un punto de vista operativo. Por la existencia de diferentes desarrollos reglamentarios de las distintas Autonomías, como ocurre en nuestro país.

Esto da lugar a diferentes instrumentos de planeamiento los cuales tienen distinta nomenclatura: Directrices de Ordenación, Planes Y Proyectos Regionales, Planes de Ordenación de Recurso, Planes Directores Sectoriales, Planes De Acción Territorial Sectoriales, Planes De Acción Territorial Integrados, etc.

En estos instrumentos se señalan las pautas que debe de seguir el proceso de crecimiento urbanístico dentro del marco de cada región, se establecen estándares aplicables a los Planes Urbanísticos, se diseñan las redes de cooperación y transporte afectantes a la Comunidad Autónoma y se determinan protecciones ambientales, se identifican suelos para actuaciones de interés regional o supramunicipal.

En un nivel inferior, por debajo de los niveles autonómicos está el planeamiento general (PGMO) o (PGOU) de cada término municipal, en el que se toman las decisiones principales sobre la estructura orgánica del municipio, se clasifica y se categoriza el suelo. Siendo este el nivel en el que se debe intervenir,

para la consecución de ciudades más seguras frente a eventos catastróficos, como sismos, inundaciones, etc.

A continuación, se muestra un esquema con los distintos tipos de planes, su ordenación, determinaciones y desarrollo.



Figura 7.1. Esquema de tipos de planes (Manual de planeamiento Urbanístico ,1998).

Como se puede observar, a través de las Normas urbanísticas de un plan general es posible controlar la utilización de configuraciones arquitectónicas que contribuyan a aumentar o disminuir la vulnerabilidad sísmica de las ciudades, tanto de sus edificios, así como de la ciudad en su conjunto, en aquellas zonas con mayor predisposición a eventos de carácter sísmico.

Diversos aspectos de la planificación urbana y arquitectónica de la ciudad han sido identificados como causa importante de su vulnerabilidad cuando se encuentran ubicadas en zonas que están identificadas como activas desde el punto de vista sísmico. Las disposiciones de las Normas Urbanísticas y las normas de salubridad para el diseño de edificios y espacios públicos tienen una gran influencia en la generación de las configuraciones arquitectónicas. Por ello debemos de incrementar la regulación de estas zonas y la de los parámetros urbanísticos que aumenten el riesgo sísmico de las ciudades, los cuales pueden estar reglados a través de las normas urbanísticas de los planes generales.

7.3.2. Sistemas de ordenación

Existen distintas formas de regular los edificios, en relación de los parámetros urbanísticos, la siguiente clasificación es una de las más aceptadas, basada en tres tipos de sistema de ordenación: edificación aislada, alineación de calle y definición volumétrica.

Ordenación por edificación aislada.

Esta tipología de ordenación se distingue porque los edificios se colocan separados de los lindes de la parcela. Los parámetros urbanísticos que lo caracterizan son el coeficiente de ocupación, el coeficiente de edificabilidad neta, la altura reguladora y las distancias a lindes; Siendo el elemento característico el bloque.

Ordenación mediante la alineación de calle.

El sistema de ordenación utilizando alineación de calle se distingue porque los edificios se colocan de forma continua todo lo largo de la alineación de los viales; Los parámetros urbanísticos que lo caracterizan son la altura reguladora, la alineación de vial, y la profundidad edificable. Siendo el elemento característico de esta ordenación la manzana.

Ordenación por definición volumétrica.

El sistema de ordenación se caracteriza porque los edificios son definidos como referencia a cuerpos volumétricos. Los parámetros urbanísticos que caracteriza a este tipo de ordenación son la altura reguladora, el coeficiente de edificabilidad neta y las alineaciones de volumen. Siendo el elemento característico el volumen.

Como veremos más adelante los sistemas de ordenación que más determinantes van a ser frente al riesgo sísmico son: el de alineación de calle y la edificación aislada.

7.4. PARÁMETROS URBANÍSTICOS DEFINICIONES

Puesto que los planes urbanísticos son instrumentos para establecer las ordenación territorial y urbanística de un modo adecuado a la realidad física que los sustenta a las necesidades que demanda la población, en muchas ocasiones la complejidad de los planes impide satisfacer su función, siendo los términos que estos utilizan de difícil comprensión, por ello la sistematización y estandarización y con el fin de que el lenguaje que en ellos se utiliza, sea comprensible, nos apoyaremos en el Reglamento de Zonas de Ordenación Urbanística de la Comunidad Valenciana (de 1999). Puesto que en él se describen manera clara y sistemática todos los parámetros urbanísticos que intervienen en el proceso de planeamiento urbanístico.

Parámetros Urbanísticos Relacionados con el Vial

Alineación del vial.

Es la línea que delimita los espacios que están parcelados respecto a espacios públicos, compuestos por calles, plazas, zonas verdes o espacios libres.

Ancho de vial en un punto.

Es la menor de las distancias entre dicho punto y la alineación opuesta del mismo vial.

Línea de rasante.

Es el perfil longitudinal en el eje de las vías públicas.

Cota de rasante.

Se entiende por la cota de nivel de un punto de la línea de rasante.

Parámetros Urbanísticos Relacionados con La Manzana

Manzana.

Llamaremos manzana a la superficie de suelo delimitada por alineaciones de vial contiguas.

Patio de manzana.

Es el espacio interior de la manzana que no tiene edificación, o en el cual solamente se puede edificar bajo rasante, o planta baja, resultado de aplicar una profundidad edificable máxima.

Parámetros Urbanísticos Relacionados con La Parcela

Parcela.

En el contexto urbanístico, se entiende por parcela, en el suelo urbano y urbanizable, a las diferente y cada una de las particiones de suelo en las que se subdivide la manzana.

Parcela edificable.

La parcela edificable es aquella que cumple las condiciones formales, dimensionales y de ubicación que defina plan para autorizar edificar en ella.

Las condiciones son del tipo, parcela mínima, frente mínimo de parcela, circulo inscrito mínimo, ángulos entre medianerías u similares.

Lindes de parcela.

Entendemos por lindes las líneas perimetrales que delimitan la parcela.

Cerramientos de parcela.

Los cerramientos de parcela son aquellos elementos constructivos que se encuentran dispuestos sobre los lindes, separando la parcela de otras parcelas o de los espacios públicos.

Relativos A La Posición De La Edificación En La Parcela

Alineaciones de la edificación.

Son aquellas líneas, definidas por intersección de los planos de fachada y la parcela, definiendo el límite entre la superficie edificables y no edificables.

Alineaciones de volumen.

Son las líneas resultantes de la intersección de los planos que establecen el límite entre los espacios edificables y los no edificables, tanto públicos como privados, sin perjuicio a la existencia de cuerpos volados o elementos salientes.

Distancia al linde.

Entendemos por distancia al linde a la separación existente entre el linde de parcela que se tomó de referencia y el punto más próximo de la edificación incluyendo la proyección horizontal de cuerpos volados, entendida en perpendicular a dicho linde.

Retranqueo de la edificación.

Se define como el retiro de un tramo del plano de fachada respecto de la alineación del vial, medido en perpendicular a dicha alineación.

Profundidad edificable.

Es la distancia desde la alineación del vial, medida sobre la recta perpendicular a dicha alineación, que establece un límite a la edificación por su parte posterior, sin perjuicio de cuerpos volados o elementos salientes.

Separación entre edificaciones.

Es la distancia que existe entre dos edificaciones, medida entre sus puntos más próximos, incluyendo la proyección horizontal de cuerpos volados.

Parámetros Urbanísticos Relacionados Con La Intensidad De La Edificación.*Superficie ocupada.*

Se entiende por superficie ocupada de una parcela, la superficie de la proyección horizontal de las edificaciones sobre la parcela, incluyendo cuerpos volados.

Coeficiente de ocupación.

Es la relación existente entre superficie ocupada y superficie de parcela

Superficie construida total.

Es la superficie total construida de toda la edificación considerando la suma de las superficies construidas de todas las plantas que lo forman.

Edificabilidad.

Es la superficie construida total que presenta un ámbito determinado.

Coefficiente de edificabilidad neta.

Es la relación existente entre la edificabilidad y la superficie, estando ambas referidas a una parcela o bien a un conjunto de ellas.

Volumen construido.

Es el volumen comprendido entre sus cerramientos con el exterior o con otras edificaciones.

Parámetros Urbanísticos Relacionados con el Volumen Y Forma De Los Edificios*Altura reguladora.*

Es la dimensión vertical, medida en el plano de fachada de la edificación, desde la rasante de la acera hasta la intersección con la cara inferior del forjado que forma el techo de la última planta.

Altura total.

Es la dimensión vertical medida desde la rasante de la acera hasta el punto más alto del edificio, sin considerar los elementos técnicos de las instalaciones.

Número de plantas.

El número de plantas que componen un edificio, considerando la planta baja y el ático, en el caso de existir.

No se considera a efectos de este parámetro la entreplanta, ni los sótanos, ni los semisótanos.

Medianera.

Es la pared lateral límite entre dos edificaciones, que se levanta desde los cimientos a la cubierta, aunque sea discontinua con patios o similares.

Entreplanta.

Es aquella que tiene el forjado del suelo en una posición intermedia entre los planos del pavimento y techo de una planta baja.

Semisótano

Es aquella planta en la que la cara inferior del forjado del techo se sitúa por debajo del plano horizontal que contiene la rasante de la acera.

Elementos salientes.

Son aquellos elementos constructivos fijos que sobresalen de los planos que definen el volumen del edificio, sin carácter habitable por las personas, pueden ser zócalos, aleros, cornisas, marquesinas, rótulos o similares.

Elementos técnicos de instalaciones.

Son aquellos elementos técnicos de las instalaciones al servicio del inmueble, tales como depósitos de agua, equipos de aire acondicionado, filtros de aire, conductos de ventilación, antenas, pararrayos, elementos para el tendido de ropa o similares.

Patios de luces y ventilación.

Se denominan patios de luces y ventilación a los espacios no construido y usados en interior del.

7.5. SELECCIÓN DE FACTORES DE LA PELIGROSIDAD SÍSMICA QUE INFLUYEN EN EL PLANEAMIENTO URBANÍSTICO.

Los terremotos son los fenómenos naturales que mayor número de víctimas y daños ocasionan a nivel mundial, con una distribución geográfica que abarca gran parte del planeta y con una recurrencia más o menos periódica. A pesar de los esfuerzos por intentar predecir los movimientos sísmicos, aún se está lejos de tal posibilidad y hoy día la única forma efectiva de mitigar sus efectos es la prevención, en su más amplio sentido.

España presenta una sismicidad moderada, destacando por su mayor actividad algunas zonas como el sureste español; es aquí donde son previsibles los mayores movimientos sísmicos. A lo largo del tiempo, esta zona ha sido afectada por numerosos terremotos; aunque la mayoría de ellos han sido de baja magnitud e intensidad, algunos han dado lugar a elevadas pérdidas sociales y económicas.

Los núcleos de población sufren de forma especial los efectos de los terremotos, al confluir determinadas circunstancias que agravan los daños.

La profundidad del foco sísmico o hipocentro influye en el radio de afección del terremoto y en sus efectos; por lo general, son los terremotos superficiales de magnitud elevada son los que producen mayores daños.

Para prevenir con eficacia las consecuencias de un terremoto y evitar al máximo los daños, se debe partir del conocimiento de la actividad sísmica y de la peligrosidad sísmica que afecta a una zona, comarca, región, etc. La determinación de la peligrosidad sísmica (probabilidad de que ocurra un terremoto de intensidad o magnitud determinada en un período de tiempo dado) como se ha mencionado anteriormente, incluye la definición del terremoto más probable para un período de tiempo dado. Esto puede realizarse mediante la selección de determinados períodos de periodos de retorno, generalmente 75,100, 500 y 1000 años, y calculando el terremoto más probable para cada periodo, o bien fijando un período de referencia, por ejemplo 100 años, y calculando las probabilidades de que ocurran en este período terremotos de diferente grado, de acuerdo con las condiciones sismotectónicas de la región de estudio.

Para abordar estas cuestiones es necesario conocer cuáles son las fuentes sísmicas, es decir las estructuras geológicas, las fallas, causantes de los terremotos. También es necesario el estudio de la sismicidad de la región en cuestión, tipo de terremotos, sismicidad histórica, localización de los movimientos, etc.

Conocida la peligrosidad sísmica, los efectos de los terremotos sobre el territorio, las edificaciones e infraestructuras, también dependen del tipo de terreno existente y de sus propiedades (litología, resistencia, profundidad del nivel freático, etc.), así como de las condiciones constructivas de edificios e infraestructuras (tipo de construcción, altura, cimentación, etc.). El conocimiento de estos aspectos es necesario en la valoración de la vulnerabilidad y del riesgo asociado al suceso de terremotos.

Los estudios necesarios para desarrollar estas cuestiones básicas requieren efectuar una serie de trabajos de tipo geológico, sísmico, geotécnico, etc., así como los referidos a valoración de la vulnerabilidad de las diferentes partes expuestas a daños, que están basados en datos obtenidos a partir de las siguientes investigaciones:

- Actividad de las fallas
- Relación entre fallas y terremotos
- Sismicidad histórica de la zona
- Paleosismicidad en fallas activas
- Características y propiedades geotécnicas del terreno

- Condiciones de construcción de edificios e infraestructuras
- Estudios de población y hábitos sociales

Para la ordenación del territorio a nivel local en áreas sísmicas es recomendable la utilización de los mapas de microzonación sísmica. Estos mapas evalúan la reacción sísmica del terreno en el área de estudio y permiten definir aquellas zonas en las que deben aplicarse determinadas medidas constructivas o restrictivas.

Pero este tipo de estudios es costoso, a la vez que prolongado en el tiempo, y la gran mayoría de ciudades y municipios, con un nivel de peligrosidad sísmica de medio a alto, no cuentan con este tipo de estudios.

Por ello propongo un modelo (zonificación) para evaluar el territorio, de un modo sencillo, utilizo los siguientes parámetros relacionados con la peligrosidad sísmica, y posteriormente los relacionados con la vulnerabilidad.

7.5.1. Sismicidad histórica

El conocimiento de la peligrosidad sísmica de un área requiere analizar las particularidades de la actividad sísmica en la zona y en las zonas próximas en las que puedan ocurrir terremotos que la afecten

Uno de los factores a considerar es la distribución de los epicentros de los sismos, en la zona de estudio, ya que siguen unas pautas muy marcadas:

- Suele existir alineación de epicentros siguiendo la falla de y es ahí donde se sitúan los terremotos de mayor magnitud. Un ejemplo cercano es el caso en la Región de Murcia, se encuentran series y agrupaciones sísmicas denominadas como Agrupación del SW de Lorca, Serie del SW de Lorca de 2000, Agrupación Lorca-Totana, Agrupación de Totana y Agrupación de Alhama (García Mayordomo, 2005).

- También se observa una nube de epicentros muy concentrada al N del municipio de Lorca, asociados a unas fallas secundarias de dirección NW-SE.

Movimientos de las fallas neotectónicas

Para la identificación del movimiento de las fallas se estudian las anomalías geomorfológicas generadas por la actividad de las fallas.

Otras anomalías geomorfológicas observadas son las desviaciones de la red de drenaje, los cambios en el perfil longitudinal de ríos y ramblas, etc.

La identificación del movimiento de las fallas suele ser muy difícil por la escasez de elementos de referencia y la acción erosiva que sufren los materiales expuestos.

Catálogo de fallas activas

El conocimiento de fallas activas en la Península Ibérica se ha incrementado notablemente en los últimos años debido a diferentes iniciativas y proyectos desarrollados por un gran número de geólogos (IberFault, FaseGeo, Share, etc.). Una de estas iniciativas, liderada por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), ha sido la base de datos de fallas activas del Cuaternario para la Península Ibérica QAFI (García-Mayordomo et al. 2012a). Esta es una fuente de información muy completa y fiable. En algunos casos encontramos incluso Base de datos de fallas activas de una determinada región como es el caso de datos de fallas activas de la región de Murcia **QAFIMUR-2013** (Martín-Banda y García-Mayordomo, 2013)Figura7.2,. Pero puesto que no siempre contamos con una información tan precisa, es posible la utilización de los catálogos a escala nacional.

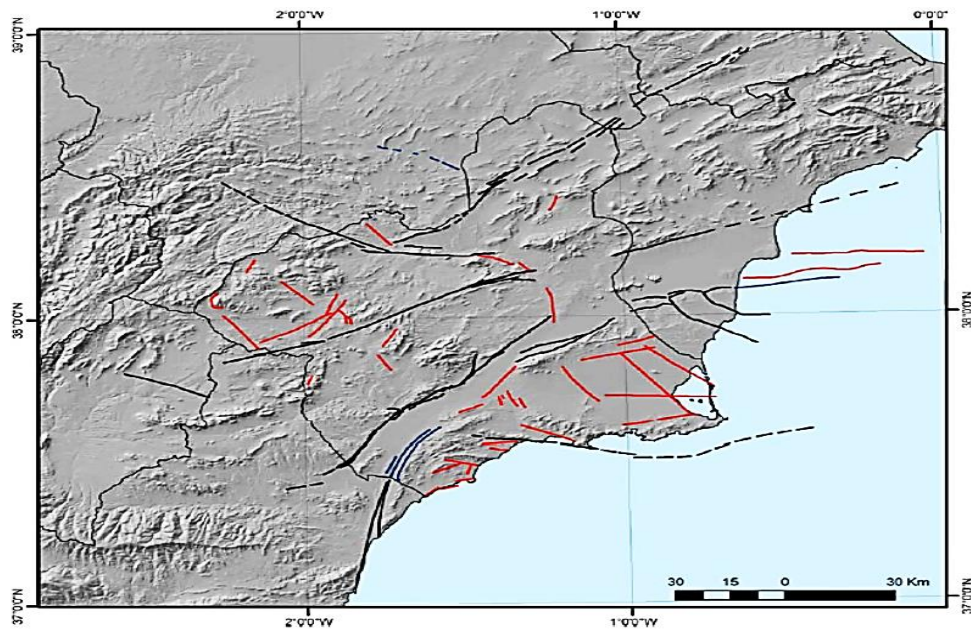


Figura 7.2. Mapa con las trazas de las fallas de QAFIMUR (Martín-Banda y García-Mayordomo, 2013)

El listado completo se presenta junto a los parámetros característicos de su geométrica y tasa de deslizamiento

ID	FaultName	Acimut	Buz	Longitud	Prof. Min	Prof. Max	Slip rate	BD
ES601	Crevillente (Sector Murcia) (1/3)	252	90	30.0	0.0	15.0	0.100	QAFIMUR
ES602	Crevillente (Sector Murcia) (2/3)	243	90	43.7	0.0	15.0	0.100	QAFIMUR
ES603	Crevillente (Sector Murcia) (3/3)	253	90	17.8	0.0	15.0	0.100	QAFIMUR
ES604	Crevillente (Sector Alicante) (1/2)	250	90	30.0	0.0	15.0	0.070	QAFIMUR
ES605	Jumilla (Sector Murcia) (1/3)	53	90	35.0	0.0	11.0	0.010	QAFIMUR
ES606	Jumilla (Sector Murcia) (2/3)	57	90	30.0	0.0	11.0	0.010	QAFIMUR
ES607	Jumilla (Sector Murcia) (3/3)	51	90	15.0	0.0	11.0	0.050	QAFIMUR
ES608	Jumilla (Sector Valencia) (2/2)	65	90	34.8	0.0	15.0	0.050	QAFI
ES609	Palomares (1/2)	14	90	45.0	0.0	8.0	0.040	QAFIMUR
ES610	Palomares (2/2)	37	90	25.0	0.0	8.0	0.050	QAFIMUR
ES611	Corredor de Las Alpujarras (Sector Almeria)	84	90	50.0	0.0	12.0	0.050	QAFI
ES612	Las Moreras - Escarpe de Mazarrón (1/3)	104	90	15.0	0.0	8.0	0.050	QAFIMUR
ES613	Las Moreras - Escarpe de Mazarrón (2/3)	102	90	30.0	0.0	8.0	0.050	QAFIMUR
ES614	Las Moreras - Escarpe de Mazarrón (3/3)	79	90	50.0	0.0	8.0	0.050	QAFIMUR
ES615	Carrascoy	56	70	32.0	0.0	12.0	0.540	QAFIMUR
ES616	Torrevieja	116	80	22.0	0.0	12.0	0.110	QAFIMUR
ES617	San Miguel de Salinas	125	80	30.5	0.0	12.0	0.430	QAFIMUR
ES618	Bajo Segura (1/3)	83	60	10.0	1.0	12.0	0.400	QAFIMUR
ES619	Bajo Segura (2/3)	84	60	8.0	1.0	12.0	0.270	QAFIMUR
ES620	Bajo Segura (3/3)	77	60	9.0	1.0	12.0	0.200	QAFIMUR
ES622	Muro de Alcoy (o de Mariola)	335	60	6.0	0.0	15.0	0.200	QAFIMUR
ES624	Benasau	300	60	5.0	0.0	15.0	0.200	QAFIMUR
ES625	Alhamilla Sur	67	80	25.0	0.0	8.0	0.050	QAFI
ES626	Alhama de Murcia (1/4)	215	70	30.0	0.0	12.0	0.500	QAFIMUR
ES627	Alhama de Murcia (2/4)	238	70	20.0	0.0	12.0	0.300	QAFIMUR
ES630	Carboneras (1/2)	48	90	110.5	0.0	11.0	1.101	QAFI
ES631	Amarguillo	20	90	12.0	0.0	8.0	0.100	QAFIMUR
ES632	Las Viñas	285	80	3.5	0.0	5.0	0.400	QAFIMUR
ES634	Jumilla (Sector Valencia) (1/2)	60	90	40.0	0.0	15.0	0.050	QAFIMUR
ES635	Polopos fault zone (1/2)	85	75	13.0	5.0	10.0	0.050	QAFI
ES636	Polopos fault zone (2/2)	95	80	12.0	5.0	10.0	0.071	QAFI
ES684	Botardo-Alfahuara	112	85	25.0	0.0	11.0	0.043	QAFIMUR
ES716	Albox	255	50	10.0	0.0	10.0	0.020	QAFIMUR
ES728	Socovos (1/2)	295	85	53.0	0.0	15.0	0.040	QAFIMUR
ES729	Socovos (2/2)	272	75	36.0	0.0	15.0	0.200	QAFIMUR
ES730	Pozohondo	113	75	25.0	0.0	11.0	0.100	QAFIMUR
ES743	West Cabezo Gordo (Murcia - Mar Menor)	140	60	30.9	0.0	8.0	0.087	QAFIMUR

ID	FaultName	Acimut	Buz	Longitud	Prof. Min	Prof. Max	Slip rate	BD
ES745	El Cantal	60	80	8.9	0.0	8.0	0.072	QAFIMUR
ES746	Garrovilla	20	90	4.0	0.0	5.0	0.050	QAFIMUR
ES750	La Puebla	271	60	30.0	0.0	8.0	0.081	QAFIMUR
ES756	La Galera	102	80	9.0	0.0	8.0	0.072	QAFIMUR
ES760	Los Tollos	37	80	15.0	0.0	8.0	0.158	QAFIMUR
ES761	Falla de Águilas	250	90	15.2	0.0	5.0	0.057	QAFIMUR
ES765	Rambla del Puerto	36	85	3.0	0.0	5.0	0.013	QAFIMUR
ES766	Sur de Revolcadores	160	90	5.2	0.0	5.0	0.019	QAFIMUR
ES769	La Junquera-Mancheño	325	85	16.2	0.0	5.0	0.280	QAFIMUR
ME005	Cabo de Cullera Western Fault	327	60	28.0	1.5	15.0	0.030	QAFI
ME006	Cabo de Cullera Central-Western Fault	331	60	25.0	1.5	15.0	0.030	QAFI
ME007	Cabo de Cullera Central-Eastern Fault	197	60	48.0	1.5	15.0	0.020	QAFI
ME008	Cabo de Cullera Eastern Fault	188	60	16.0	1.5	15.0	0.020	QAFI
ME009	Southwest of Columbretas Basin	335	60	10.0	1.5	15.0	0.020	QAFI
ME021	Bajo Segura Offshore	82	60	29.3	1.0	12.0	0.200	QAFIMUR
ME023	Santa Pola	89	60	36.2	0.0	8.0	0.046	QAFIMUR

Mapa de Peligrosidad PR 475 años. Aceleraciones en PGA (g) en roca

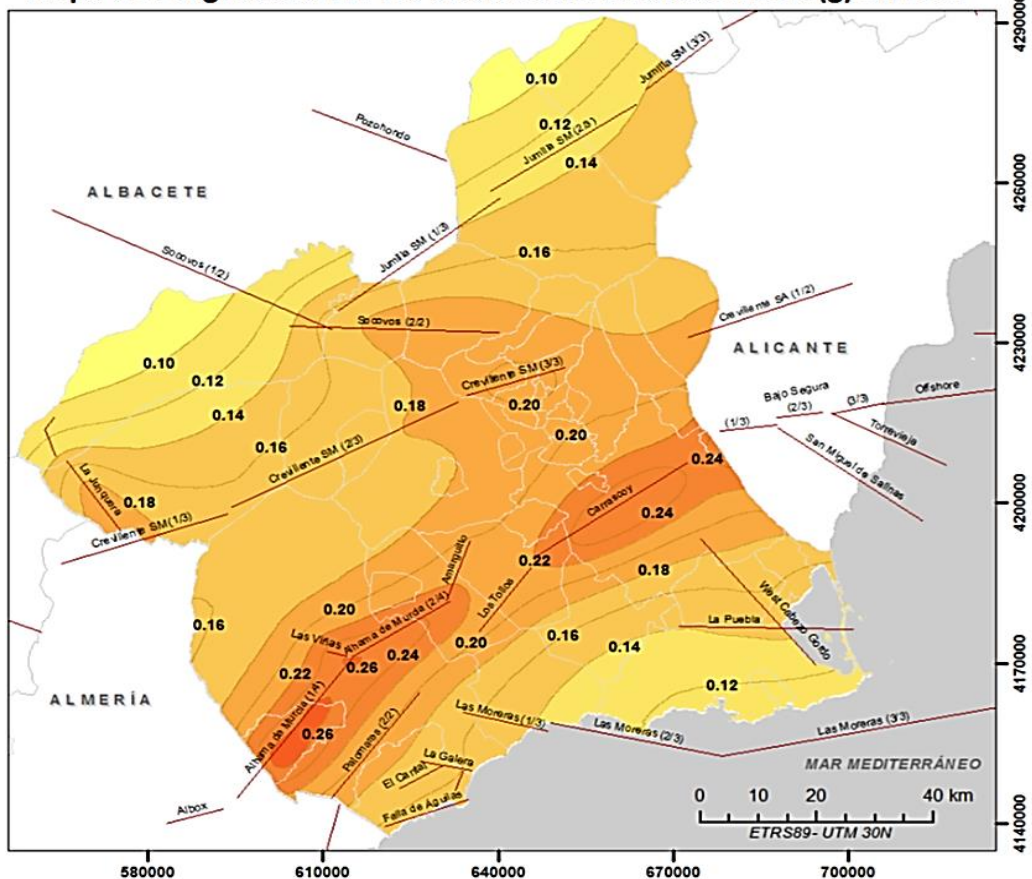


Fig. 7.3 Mapa de peligrosidad PR 475 años, con fallas. Fuente: RISMUR II

7.5.2. Efecto de sitio

Es conocida la gran influencia que tiene el efecto local o de emplazamiento en el movimiento registrado en el mismo. Dicho efecto se atribuye a la alteración que sufre la radiación incidente sobre el sustrato rocoso, debido a fenómenos de reflexión y difracción de ondas en las capas más superficiales del terreno y en las propias irregularidades topográficas. Como consecuencia, determinadas frecuencias del movimiento pueden multiplicarse por factores de hasta 10 veces, siendo dicho efecto, en ocasiones, responsable de los mayores daños registrados. Por ello, es muy importante considerar las posibles amplificaciones debidas a la geología y topografía en todo estudio dirigido a la ordenación territorial y al diseño sismorresistente de estructuras, y así lo contemplan la mayor parte de las normativas.

El problema es que dicho efecto es difícil de cuantificar, por la complejidad de los factores que intervienen, que esencialmente son:

- Características dinámicas y geológicas del material en el emplazamiento. (Geología en la superficie)
- Geometría de las irregularidades topográficas (Topografía en la superficie.)
- Dirección de la radiación incidente y composición en la base rocosa. (Tipo de ondas, radiación incidente, etc.)

Un estudio completo del efecto local requeriría considerar todos los aspectos descritos, mediante estudios de detalle en cada emplazamiento. Sin embargo, cuando el estudio se realiza para áreas extensas, ese enfoque es inviable y hay que adoptar necesariamente simplificaciones. Es habitual acudir entonces a clasificaciones más o menos sencillas de la geología superficial y de la topografía y adoptar factores de amplificación sobre el movimiento en la base rocosa, que nos permitan estimar los niveles esperados, una vez incluidas las condiciones locales.

7.5.3. Efecto litológico

Tan importante es la influencia del suelo en la modificación de las características de la acción sísmica, que en la última década se han introducido notables mejoras en los códigos sísmicos de construcción, tanto a nivel europeo como a nivel nacional, en ellos figura la inclusión de nuevos tipos de suelo y la de

parámetros ligados a la amplificación sísmica debido a ellos, y tal como refleja, La norma Sismorresistente española (NCSE-02) y el Eurocódigo 8 (2004).

La caracterización del terreno es un factor decisivo en la definición de la acción sísmica de cálculo dado que los esfuerzos en cada sección de la estructura dependerán, entre otros parámetros, de los efectos locales asociados al terreno que influyen en mayor o menor medida las características de las ondas sísmicas. Como se menciona anteriormente, en general la intensidad sísmica aumenta en lugares de suelos con menor grado de compactación, donde suelen concentrar los mayores daños.

7.5.3.1 Clasificación del terreno según NCSE-02

La norma en materia de sismicidad en España NCSE-02, clasifica en su artículo 2.4 los suelos en función de las características de los 30 primeros metros, la velocidad de ondas S, la resistencia a la penetración en ensayos estáticos o dinámicos para terrenos granulares, los valores de resistencia a compresión simple en terrenos cohesivos y el coeficiente del terreno C, el cual resulta a las características en los 30 m más superficiales (Tabla 7.1.).

Tabla 7.1 Clasificación del terreno propuesta por la NCSE-02 Fuente: NCSE-02

Tipo de suelo	Descripción geológica	V _s (m/s)	N _{spt}	Resistencia a compresión	Coficiente terreno (C)
I	Roca compacta, con suelo cementado o granular muy denso	>750	>40	>20MPa	1,0
II	Roca muy fracturada, suelos granulares denso o con cohesión de consistencia firme a muy firme.	750-400	20-40	200KPa-20MPa	1,30
III	Suelo de carácter granular de media compactación, ó suelo cohesivo de consistencia firme a muy firme	400-200	10-20	100-200 KPa	1,60
IV	Suelo de carácter granular suelto, ó suelo cohesivo blando.	<200	<10	<100KPa	2,0

7.5.3.2 Clasificación del terreno según el EC-8.

En el Eurocódigo se establece, que en el lugar del emplazamiento de la construcción no debe de presentar riesgos de ruptura del terreno, de inestabilidad de taludes, y de asentamiento permanentes causados por la licuefacción o la

densificación del terreno, en caso de sismo. Además, señala que, dependiendo de la importancia de la estructura, será necesario o no, realizar un estudio del terreno.

El Eurocódigo 8 define cinco tipos de terrenos, que pueden ser empleados para tener en cuenta la importancia de los escenarios locales del terreno, en caso de una acción sísmica. En la siguiente Tabla 7.2 se muestra la clasificación:

Tabla 7.2 Clasificación del terreno propuesta por el EC8

Tipo de terreno	Descripción Geológica	Vs (m/s)	Nspt(Golpes/30cm)	Resistencia a compresión
A	Roca u otra formación geológica similar, incluyendo como máximo 5m de material más débil en superficie	>800	-	-
B	Depósitos de arena muy densa, gravas, o arcillas muy duras, de al menos, varias decenas de metros de espesor caracterizado por un incremento de las propiedades mecánicas en profundidad	360-800	>50	>250
C	Depósitos profundos arena densa o de densidad media, grava o arcilla dura con un espesor de una decena de metros has muchos centenares de metros.	180-300	15-50	70-250
D	Depósitos de suelo suelto de cohesión media a no cohesivo, con o sin algunas capas de débil cohesión, o de suelo de ligera a gran cohesión predominante	<180	<15	<70
E	Un perfil de suelo formado por una capa aluvial superficial con valores de Vs de tipo C o D, y con un espesor entre 5 y 20m, encima de un material duro de Vs>800m/s			
S ₁	Depósitos consistiendo o conteniendo una capa de 10m de espesor como mínimo, con arcillas/limos blandos con un índice de plasticidad alto (IP>40) y un alto contenido de agua	<100(indicativo)	-	10-20
S ₂	Depósitos de suelos licuefactibles, arcillas sensibles,			

	o cualquier otro perfil no incluido entre los tipos A, E o S ₁			
--	---	--	--	--

Fuente: EC8

Con esta clasificación del suelo, se generan mapas de microzonificación o microzonación sísmica que son muy útiles en zonas de riesgo sísmico. Estas cartografías sirven como instrumento para:

- 1) Establecer parámetros para diseño urbano y diseño estructural.
- 2) Identificar las áreas apropiadas para la ubicación de nuevos edificios esenciales (edificios hospitalarios, escolares, de telecomunicaciones, cuarteles de bomberos y otros) y líneas vitales (plantas de energía, acueductos, redes de servicio, agua, luz, gas y otros).
- 3) Evaluar las condiciones sismorresistentes de los edificios existentes en la zona para la estimación de los diferentes niveles de vulnerabilidad.
- 4) Identificar el grado de riesgo de desastre en las microzonas, para definir si es necesaria la aplicación de medidas restrictivas como la prohibición de construcción y la reubicación de edificios.
- 5) Estudiar el potencial probable de daño para elaborar planes de riesgo y de contingencia para un eventual sismo.

Otra clasificación que podemos encontrar es la definida por BORCHERDT, (En1994).

Tabla 7. 3 clasificación del terreno propuesta por BORCHERDT, 1994

Tipo de suelo	Criterio de clasificación	Velocidad media de cizalla			Espesor
		Mínima m/s	Promedio m/s	Máxima m/s	
SC-I	Roca firme y dura	1400	1320		
SC-Ia A	Roca dura (ej. Roca metamórfica con fracturas muy extendidas)				
SC-Ib B	Roca firme a dura (ej. Granito, roca ígnea, conglomerados, areniscas y esquistos con fracturas cercanas y más espaciadas entre sí)	700	1050	1400	
SC-II B	Suelos pedregosos y roca de blanda a dura Roca blanda sedimentaria ígnea, areniscas y esquistos, gravilla, suelos con >20% gravilla	375	540	700	10
SC-III C	Arcillas consistentes y suelos arenosos	200	290	375	5

	(ej. Arenas de consistencia suave a densa, margas y arcilla arenosa, y arcillas de consistencia suave a dura, y arcillas sedimentarias ($N > 50$ blows/ft))				
SC-IV D	Suelos blandos	100	150	200	
SC-IVa Di	Suelos blandos no estudiados específicamente (relleno suelto sumergido, arcillas muy blandas ($N < 1$ blows/ft) y arcillas sedimentarias de espesor < 37 m)				3
SC-IVb E	Suelos blandos específicamente estudiados (suelos bajo licuefacción, arcillas altamente orgánicas, arcillas de un grado alto de plasticidad y suelos blandos con más de 37 m)				3

Fuente: Borcherdt, R. D. (1994). Estimates of site-dependent response spectra for design (methodology and justification). *Earthquake spectra*, 10(4), 617-653.

7.5.4. Efecto topografía

El efecto de la topografía superficial ha sido objeto de numerosos estudios, casi todos ellos destinados a investigar la influencia de un determinado accidente topográfico. “Existen algunos resultados hasta la fecha que estiman, cualitativa y cuantitativamente, el efecto local de las principales irregularidades topográficas, que suelen clasificarse en:

Topografías convexas: cualquier elevación sobre la superficie libre como dorsales y montañas.

Topografías cóncavas: como valles y cañones.

Pueden destacar algunos resultados cualitativos en estudios realizados de tipo general, donde la observación y la teoría presentan una cierta convergencia. Estos resultados son de interés para estudios en áreas extensas donde se requiere definir factores de amplificación promedio.

En la revisión que realizan Geli et al. (1988) y Bard (1995) sobre el estudio del efecto de la topografía, se resaltan las siguientes conclusiones:

Se produce una amplificación del movimiento en las cimas de las montañas (en general, de las topografías convexas), y una desamplificación en el fondo de los valles, (en general de las topografías cóncavas). Estas amplificaciones se ven afectadas por el tipo de onda, siendo mayor el efecto para las ondas S que para las ondas P. En general, cuando la componente horizontal del movimiento es perpendicular al eje de las dorsales, la amplificación es mayor que en el caso de ser paralelo al mismo. Las amplificaciones son sensibles a la pendiente de la topografía en una relación directa.

Se observa que la máxima amplificación es sensible a la razón entre la semianchura y altura de la elevación; cuanto mayor es la pendiente, mayor es la amplificación. El fenómeno depende del contenido frecuencial de la onda, produciéndose las mayores amplificaciones para las longitudes de onda del movimiento comparables con las dimensiones horizontales de la topografía.

Otras conclusiones interesantes en la misma línea se han alcanzado en otros trabajos.

Es de destacar el realizado por Pedersen et al. (1994), sobre elevaciones en la superficie de distinta pendiente, mediante el método estándar de razones espectrales experimentales y teóricas, que concluye con la existencia de cierta concordancia entre los resultados teóricos y los experimentales. Las estimaciones de amplificación observadas en dos elevaciones, una más suave que la otra, entran dentro del rango de las teóricas. En promedio, para el caso de la pendiente más suave, el valor de estas razones entre la cima y el pie de montaña tienen un valor por debajo de 3. Para la pendiente más pronunciada este valor entre la cima y la ladera llega hasta 4. En ambos casos los mayores valores se obtienen en las componentes horizontales.

Por otro lado, Chávez-García et al. (1996, 1997) realizan una nueva comparación entre resultados teóricos y experimentales. La irregularidad estudiada es una elevación moderada de aproximadamente 200 m. Entre las conclusiones cabe destacar las amplificaciones máximas estimadas por debajo de 10 para el estudio individual de sismos y por debajo de 4 en el caso del estudio promediado para los distintos sismos."

Aunque los últimos resultados comentados apuntan hacia conclusiones generales, que establecen amplificaciones promedio por la topografía, apenas se encuentran trabajos en la literatura especializada donde se simplifique el efecto y se establezcan clasificaciones en función, por ejemplo, de los rangos de pendientes, que permitan asignar factores de amplificación sobre el movimiento de entrada

Una de las pocas clasificaciones conocidas al respecto es la propuesta en el Eurocódigo 8, que adopta el siguiente tratamiento.

EUROCÓDIGO 8

El anexo A del Eurocode-8, señala unos factores simplificados de amplificación para el movimiento sísmico por efecto de la topografía. El factor se designa por ST y se considera una aproximación independiente del periodo fundamental de vibración. Este factor multiplica a las ordenadas del espectro de diseño elástico y debe ser introducido cuando las pendientes pertenezcan a topográficas irregulares, así como cordilleras o escarpes de altura mayores de 30 metros.

Para pendientes menores de 15º los efectos topográficos pueden no ser tenidos en cuenta, mientras que se recomienda un estudio específico en el caso de topografías fuertemente irregulares. Para ángulos mayores de 15º se aplica las siguientes pautas:

a) Escarpes y pendientes aisladas. Valor $ST \geq 1,2$ para sitios localizados en la zona alta.

b) Cimas de cordilleras con anchura significativamente menor que la anchura de la base. Valor $ST \geq 1,4$ en zonas altas y con pendientes promedio mayores de 30º y valor $ST \geq 1,2$ para pendientes menores.

c) En capas superficiales poco cohesivas. El valor más pequeño dado en a) y b) se incrementan en al menos 20%.

d) La variación espacial del factor de amplificación. El valor ST puede asumirse como una función lineal que decrece a medida que disminuye la altura sobre la base del escarpe o cordillera, asumiendo que el valor en la base que se toma es la unidad.

En nuestro caso se han definido unos rangos de pendientes y se ha asignado a cada rango un factor de amplificación sobre la aceleración pico PGA del movimiento estimado en topografía plana. Tanto la clasificación como los factores asignados, se han propuesto a partir de las conclusiones de los distintos estudios existentes en la literatura.

Es conocida la influencia de la topografía sobre la señal sísmica y sus consecuencias en las edificaciones que se encuentran situados en zonas elevadas. Por lo general hay una amplificación en las topografías convexas (con relieve y zonas elevadas) y atenuaciones en las cóncavas (valles y zonas bajas). Entre las diferentes topografías, la situación concreta del emplazamiento es importante,

enfaticando los cambios bruscos de pendiente, el fondo de cañones o valles, los bordes, las cimas y los pies de las montañas. Pero no solamente implica a la irregularidad de la superficie a la hora de evaluar el efecto local; sino que se ha comprobado que el efecto de la topografía es sensible a las ondas incidentes en cuanto a: tipo de onda, ángulo de incidencia y dirección de la misma.

Estos efectos debidos a la superficie topográfica no están totalmente entendidos y no existen numerosos datos instrumentales u observaciones que permitan análisis estadísticos. Por eso no existen relaciones empíricas y, en consecuencia, actualmente los códigos sísmicos y guías de estudios de microzonificación en general no consideran los efectos topográficos.

Cabe destacar en este sentido la guía para estudios de microzonación sísmica de la de la Asociación Francesa para la Ingeniería Sísmica, donde se contempla un coeficiente de amplificación topográfico obtenido a partir de perfiles característicos en zonas de montaña, y las recogidas en el anexo A del ENV 1998-5:1994 del Eurocódigo 8, en el que definen factores de amplificación aplicables a taludes que presenten irregularidades topográficas bidimensionales.

De esta manera el Eurocódigo 8 introduce una simplificación al problema, si bien no evita un estudio detallado de cada emplazamiento, por lo que tampoco resulta aplicable directamente en estudios a nivel regional.

En este estudio se ha considerado la propuesta metodológica del “Estudio y Cartografía de los Peligros Geológicos en la Comarca del Noroeste de la Región Murciana”, realizado por el IGME en 2005, en el que se adoptan factores de amplificación P en función de rangos de pendientes topográficas aplicables a la aceleración máxima PGA del movimiento estimado en topografía plana. Sin embargo, estos valores se han adaptado, teniendo en cuenta las recomendaciones del Eurocódigo 8 (Tabla 7.4).

Tabla 7.4 Amplificación por efecto topográfico. Fuente: Propia

Amplificación topográfica	
Pendientes (°)	Factor de Amplificación (P)
0-15	1
15-25	1,3
25-45	1,6
<45	2

Tabla 7.5 Factores de amplificación para los tipos de terreno

Clases de terreno (NSCE-02)	Función de amplificación (A)
I	$A=1$
II	$A=0,66*Acc+1,33$
III	$A=0,66*Acc+1,62$
IV	$A=2,45$
Acc: Aceleración básica en roca (PGAs)	

Fuente: (Borcherdt, 1994)

A partir de esta tabla, y los valores de A_{cc} , se pueden obtener los factores de amplificación en función del tipo de terreno.

Tras analizar los elementos que influyen en la peligrosidad sísmica y que a su vez presentan una relación con el planeamiento urbanístico, con el apoyo de datos del terremoto de la ciudad de Lorca de 11 de mayo de 2011, nos encontramos con una serie de peculiaridades, que nos conducen a la zonificación que proponemos en el capítulo de resultados.

A continuación, podemos observar el plano de la ciudad de Lorca en el cual, están identificadas todas las edificaciones, que sufrieron algún tipo de daño, tras el evento sísmico, estando clasificados en función de este y el tipo de suelo, como se aprecia el mayor número de edificios que presentan algún daño se encuentran en los suelos tipo II y III, habiendo un menor número en el suelo tipo I. figura 7.4

Por otro lado, en la figura 7.5, hemos implementado a la misma zona la distribución de fallas activas, y el tipo de suelo.

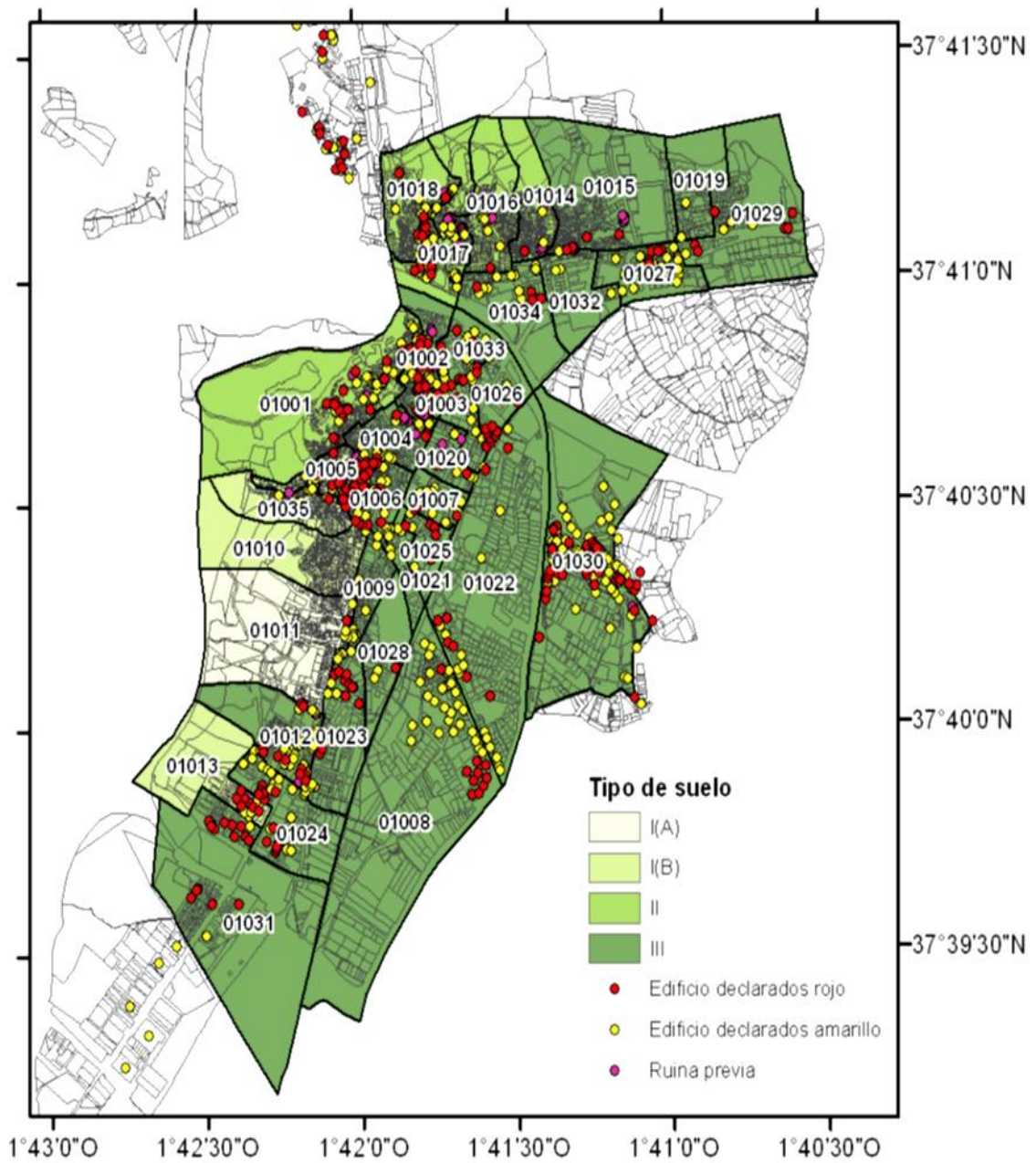


Figura. 7.4. “Daños en Lorca indicando edificios declarados con etiqueta amarilla (daños moderados) y roja (daños graves) por distrito censal y tipo de suelo, elaborado con datos del 1 de junio de 2011. Se indican las ruinas previas al terremoto en color rosa.”

Al superponer los datos de los edificios dañados, con la distribución de fallas existente en la zona, comprobamos que la mayor concentración de daños se da en las zonas que se encuentran sobre el trazado de la falla y sus alrededores

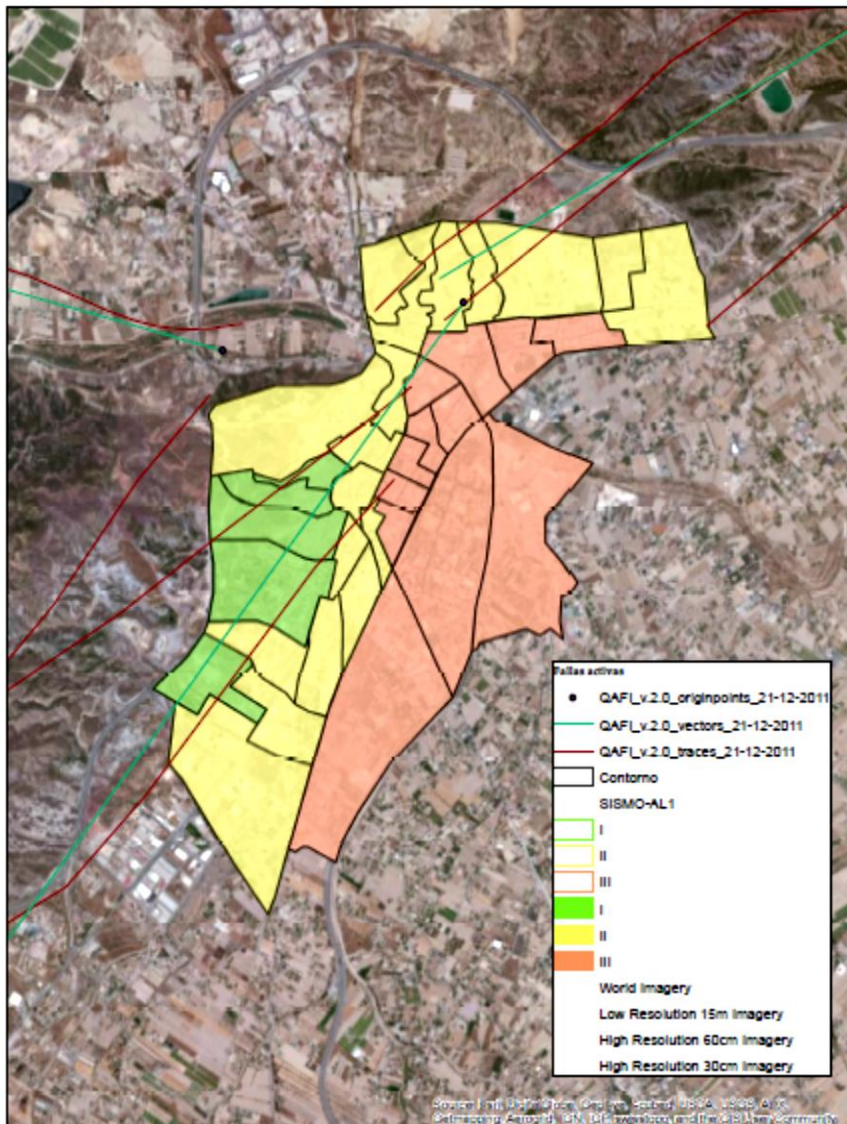


Figura. 7.5 Distribución de fallas (QAFL.2.0) en Lorca y clasificación del suelo, superposición fallas activas en la zona: Fuente: Propia

Si por otra parte realizamos la superposición de la zona, con los datos de los isoperiodos se aprecia que también se produce una concentración de daños en las zonas donde los valores son menores. Figura 7.6

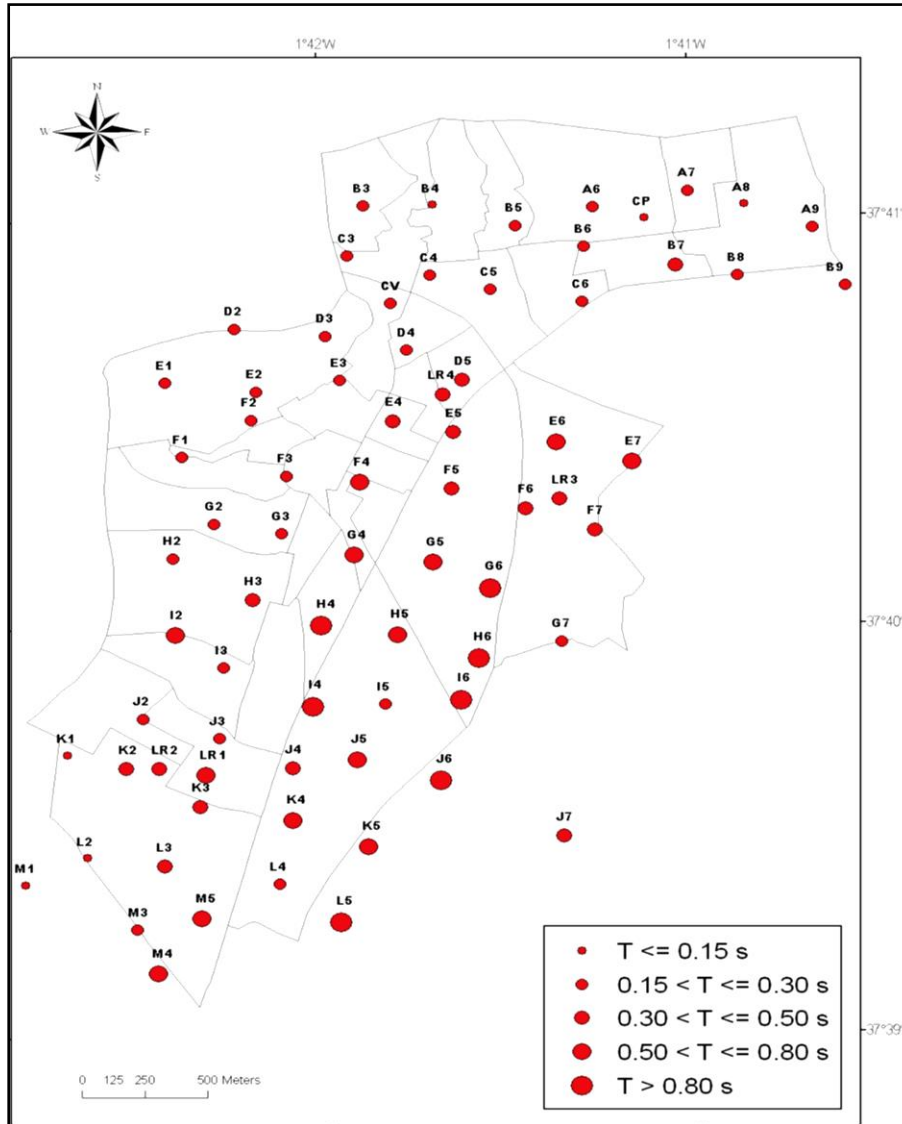


Figura.7.6.- "Clasificación del suelo de la ciudad de Lorca (Navarro et al., 2012según el Eurocódigo EC8 (2008) y basada en la velocidad media de ondas S en los primeros 30 m (VS30 en m/s). Derecha. -Periodos predominantes del suelo obtenidos con la técnica HVSR"

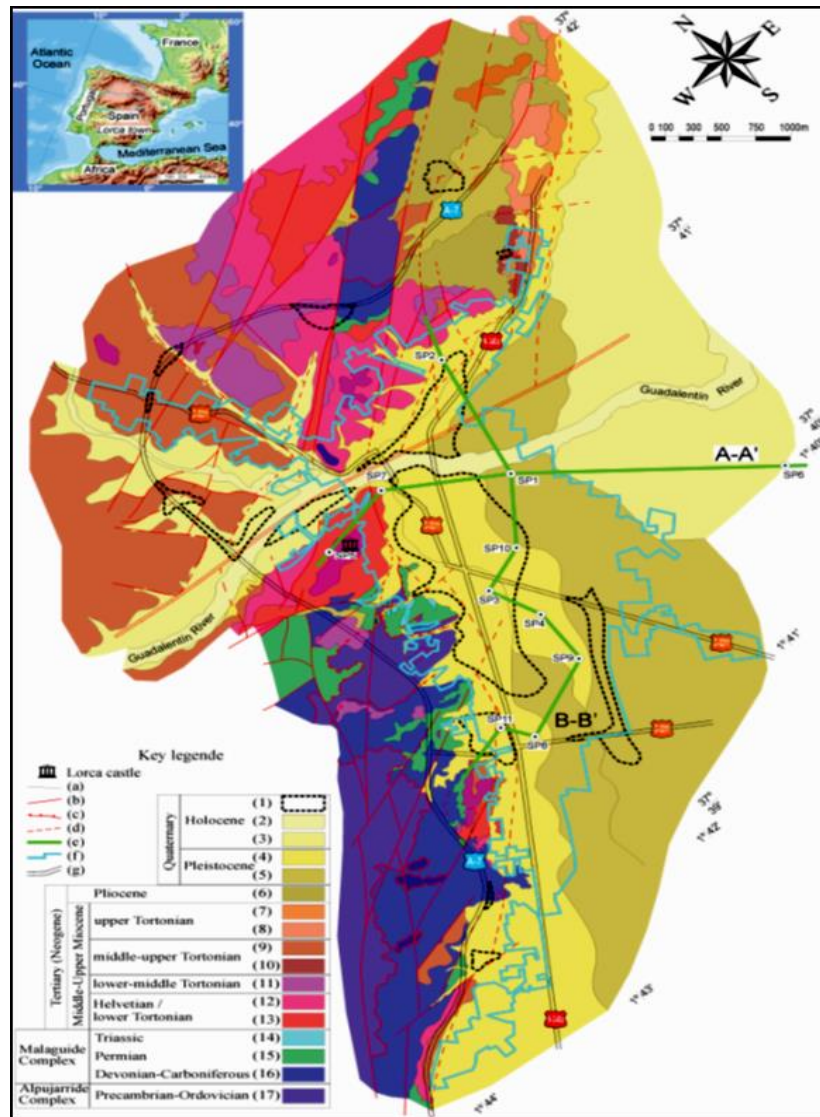


Fig. 7.7. Cartografía geológica de ciudad de Lorca (según Alcalá et al., 2012). Escala original 1:10.000. El cuadro adjunto describe cada material geológico. (a) Contacto geológico indiferenciado, (b) falla normal, (c) falla inversa, (d) falla supuesta, (e) perfiles geológicos A-A', B-B', (f) contorno urbano (línea azul gruesa), (g) carreteras principales. SP1 a SP11: Localización de los arrays para SPAC.

Todo esto no lleva a considerar para nuestra zonación los siguientes parámetros: Distancia a la alineación de falla activa, pendiente del terreno, y tipo de suelo.

7.6 SELECCIÓN DE FACTORES DE VULNERABILIDAD QUE INFLUYEN EN EL PLANEAMIENTO URBANÍSTICO.

La vulnerabilidad, es otro de los conceptos empleados para la caracterización del riesgo sísmico, está ligado a la resistencia sísmica del bien expuesto. Es común definirla, mediante un valor relacionado con el grado de daño, que resulta de la ocurrencia de un sismo.

La vulnerabilidad sísmica, desde la perspectiva estructural como desde la perspectiva social, económico, coyuntural, guarda una relación con el planeamiento urbanístico, para vislumbrar esta, realizare un análisis de estudios realizados por diversos autores, con el fin de establecer que parámetros son más determinantes, en relación al planeamiento, ponderando estos, con la finalidad de establecer una zonificación del territorio.

Desde principios del siglo pasado se ha considerado que diferentes características de los edificios incrementan la vulnerabilidad, a continuación, se describen los factores ligados a la configuración de los edificios, que generan un incremento de la vulnerabilidad no solo desde la óptica del edificio sino también desde la ordenación urbana.

Para ello se realiza la siguiente división, por un parte encontramos una serie de características relacionadas con las condiciones estructurales del edificio. Y por otra con sus características geométricas y de ubicación en la trama urbana.

7.6.1 Características estructurales.

Tipo de construcción

El método del índice de vulnerabilidad (IVM), clasifica las edificaciones en tipologías básicas diferenciadas mediante un conjunto de índices de vulnerabilidad básicos. Estos consideran las particulares de cada edificio, y cada zona entre las que se hallan el nivel de protección sísmica, número de plantas, y ubicación en la manzana, forma de ésta, de este modo se intuye la implementación del

planeamiento urbanístico, para la evaluación de la vulnerabilidad, para ello se tiene en cuenta mediante modificadores del índice básico de vulnerabilidad, a continuación se expone brevemente la forma inserción de los modificadores, que se utilizan para evaluar un índice de vulnerabilidad global de cada edificio de la siguiente manera (Lantada , 2007).

$$\bar{V}_{i-\text{edificio}} \equiv V_{i-\text{clase}}^* + \Delta M_R + \sum_{j=1}^n M_{c_j} \text{ Ecuación 7.1}$$

La ecuación 7.1 muestra cómo se calcula el índice de vulnerabilidad, el cual está compuesto por el índice de vulnerabilidad inicial de carácter básico para la clase a la que pertenece el edificio, dicho valor viene determina por los valores tabulados por (Milutinovic y Trendafiloski, 2003) en la Tabla 7.6, adicionándole un modificador regional, de este modo se considera la calidad particular de determinados tipos de edificios a nivel regional o local. Este factor modifica el índice de vulnerabilidad $V_{i-\text{edificio}}$ basándose en el juicio experto o considerando la vulnerabilidad observada. La corrección regional puede introducirse haciendo referencia a la tipología o a la categoría (Puhades et al, 2004), así como a las diferentes normativas constructivas de la región de aplicación y su eventual aplicación real.

Tabla 7.6: Índices de vulnerabilidad de la matriz de tipologías del proyecto Risk-UE.

Tipología	Descripción	Índices de vulnerabilidad representativos				
		VI _{min}	VI ⁻	VI [*]	VI ⁺	VI _{máz}
M1.1	Cascotes y piedras	0.62	0.81	0.873	0.98	1.02
M1.2	Piedra sencilla (Simple stone)	0.46	0.65	0.74	0.83	1.02
M1.3	Sillería (Massive stone)	0.30	0.49	0.616	0.793	0.86
M2	Adobe	0.62	0.687	0.84	0.98	1.02
M3.1	Suelos de madera	0.46	0.65	0.74	0.83	1.02
M3.2	Paredes de mampostería	0.46	0.65	0.776	0.953	1.02
M3.4	Forjados de losas de hormigón armado	0.3	0.49	0.616	0.793	0.86
M4	Paredes de mampostería confinadas o reforzadas	0.14	0.33	0.451	0.633	0.7
M5	Totalmente reforzada	0.3	0.49	0.694	0.953	1.02
RC1	Estructuras de Hormigón	-0.02	0.047	0.442	0.8	1.02
RC2	Paredes de cortante de hormigón	-0.02	0.047	0.386	0.67	0.8
S1	Estructuras de acero	-0.02	0.467	0.363	0.64	0.86
S2	Estructuras metálicas atirantadas	-0.02	0.467	0.287	0.48	0.7
S3	Estructuras metálicas con relleno de mampostería	0.14	0.33	0.484	0.64	0.86
S4	Estructuras metálicas con muros de cortante de hormigón	-0.02	0.047	0.224	0.35	0.54
S5	Sistemas o estructuras compuestos	-0.02	0.257	0.402	0.72	1.02
W	Estructuras de madera	0.14	0.207	0.447	0.64	0.86

Fuente: (Milutinovic y Trendafiloski, 2003).

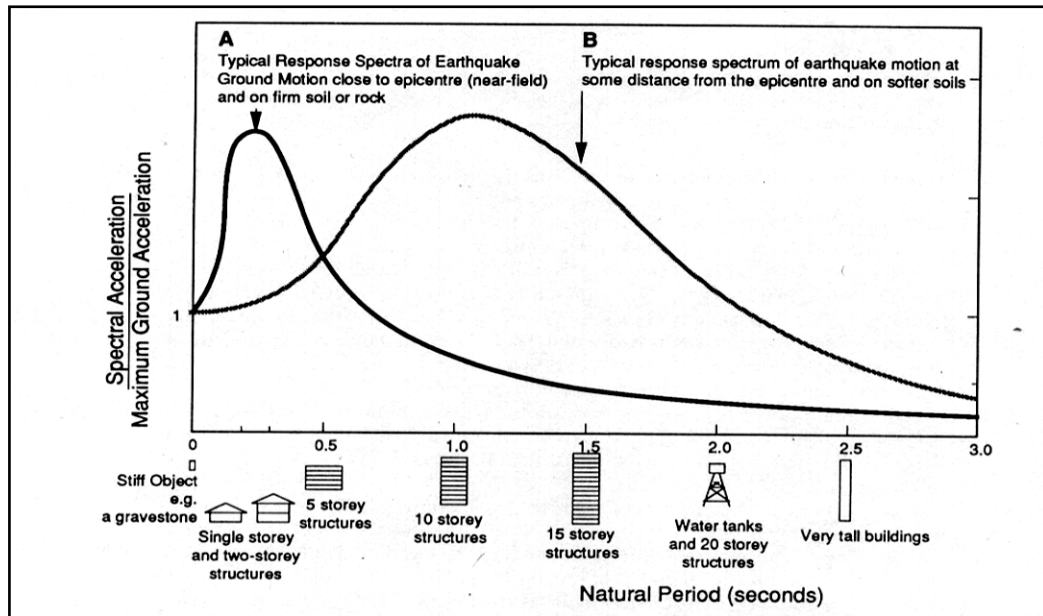


Figura 7.8 Espectros de respuesta típicos y tipos de edificaciones que son afectadas. Fuente: (Coburn y Spence, 1992).

Altura del edificio

La altura de los edificios es un factor determinante en el grado de daño que puede ocasionar un evento sísmico. El valor del desplazamiento provocado por la llegada de la onda es función del periodo de propagación de la misma y del periodo de resonancia del edificio, que a su vez depende de su esbeltez (relación base - altura del edificio). Si ambos periodos coinciden la onda se amplifica y los daños se multiplican. Por lo tanto, la altura de los edificios hará que sean más o menos vulnerables frente a los sismos.

Este efecto lo vemos en la Figura 7.8 en la que se aprecia cómo los edificios de mayor altura son afectados cuando el periodo de vibración de las ondas sísmicas es alto. Esto se corresponde con el espectro de respuesta típico de movimientos sísmicos en zonas con suelos flojos y alejados del epicentro.

Espectros de respuesta típicos y tipos de edificaciones que son afectadas. El periodo de vibración de los edificios crece en función del número de alturas que tengan.

Así se pueden clasificar los edificios en relación a su altura y periodo de vibración, como se observa en la tabla 7.7.

Tabla 7.7 de Clasificación de edificación según altura.

Tipo	Número de plantas	Periodo de vibración dominante (s)
1	1-2	0,1 – 0,3
2	3-5	0,3 – 0,6
3	≥6	>0.6

Fuente: a partir de Coburn y Spence.

Como el valor de la máxima amplificación se corresponde con un determinado periodo de vibración, este periodo define el tipo de edificación más vulnerable.

Irregularidad Vertical

La forma y disposición en elevación de los elementos estructurales tienen una gran relevancia en el comportamiento dinámico de la estructura. Las estructuras que posean cierta simetría en elevación en conjunto con una reducción de masa en altura se comportarán de una mejor forma ante un evento sísmico, por ello se penalizarán aquellas estructuras que sean asimétricas verticalmente, que tengan concentraciones de masa en pisos o plantas superiores y también aquellas estructuras que posean discontinuidades de los elementos estructurales verticales, ya que estas irregularidades conducen a una distribución irregular de fuerzas y deformaciones, seguidamente se encuentra la segregación de las irregularidades verticales más frecuentes en las estructuras, para finalizar con la Tabla 7.8 que resume los valores que se suelen adoptar por cada irregularidad.

Discontinuidades en los elementos verticales de la estructura

La “interrupción de elementos verticales de la estructura ha probado ser la causa de múltiples colapsos parciales o totales en edificios sometidos a sismos, sobre todo cuando la interrupción de los elementos verticales resistentes (muros y columnas) se presenta en los pisos inferiores (OPS, 2000) figura 7.9. El fallo de un problema de estabilidad, pero lo más perjudicial es que origina un cambio brusco de rigidez que ocasiona una mayor acumulación de energía en la parte de la estructura más débil.

Los casos más usuales de interrupción de elementos verticales, que ocurre generalmente por razones espaciales, formales o estéticas, son los siguientes:

- Interrupción de pilares
- Interrupción de muros estructurales
- Interrupción de muros divisorios, concebidos erróneamente como no estructurales, alineados con pórtico.”

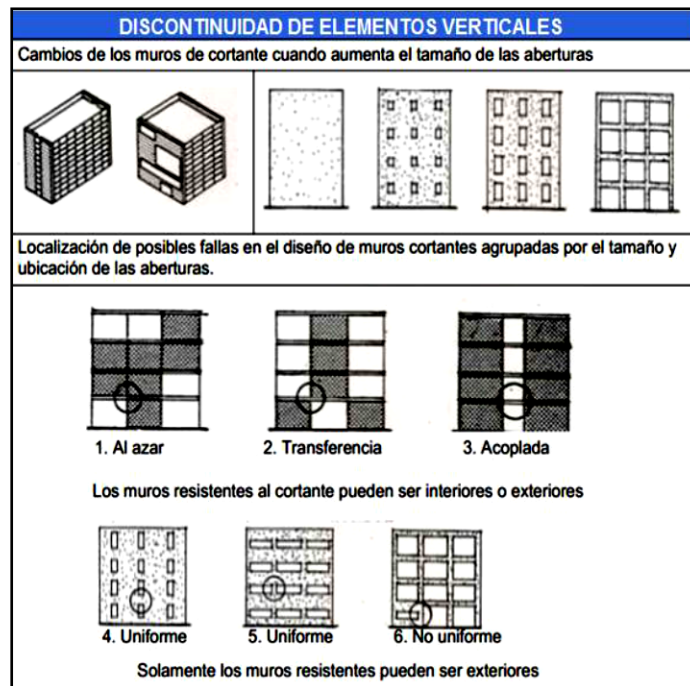


Figura 7.9. Discontinuidad de elementos vertical. Fuente: OPS, 2000

Irregularidad vertical en masa

Los excesos de masa pueden incrementar las fuerzas laterales de inercia y la magnitud de las deformaciones entre pisos, dando lugar a efectos desfavorables en la estructura, por lo que, si en un piso superior se concentran elementos como tanques de almacenamiento, maquinaria de ascensor, equipos de aires acondicionados, bodegas, archivos o inclusive si la estructura posee materiales estructurales más pesados en pisos superiores, las fuerzas sísmicas aumentan en ese nivel. Lo recomendable es colocar estos elementos pesados en el sótano o en sitios aledaños a la estructura principal.

Simetría en elevación

Un edificio es considerado simétrico en relación a sus ejes si su geometría es idéntica en cualquiera de los lados de los ejes que se estén considerando (en el plano). Un edificio es perfectamente simétrico, pero puede serlo respecto a un solo eje. Figura 7.10

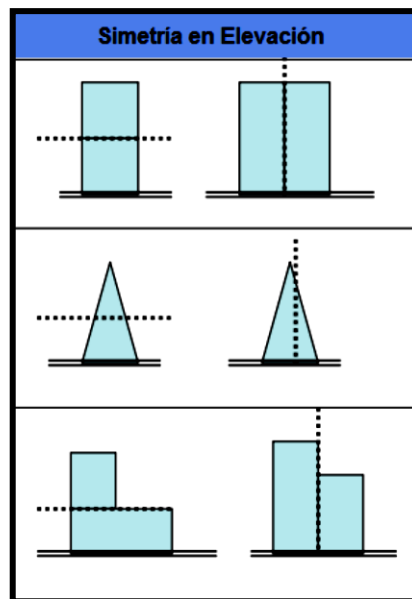


Figura 7. 10. Simetría en Elevación. Fuente: Propia.

Tabla 7.8. Modificador en función de las irregularidades verticales

Tipología	Irregularidad vertical	Modificador por comportamiento		
		Discontinuidad Elementos Estructurales	Irregularidad Vertical en Masa	Asimetría En Elevación
Hormigón	Se encuentra	+0.03	+0.04	+0.02
	No se encuentra	0.00	0.00	0.00
Acero	Se encuentra	+0.02	+0.03	+0.01
	No se encuentra	0.00	0.00	0.00

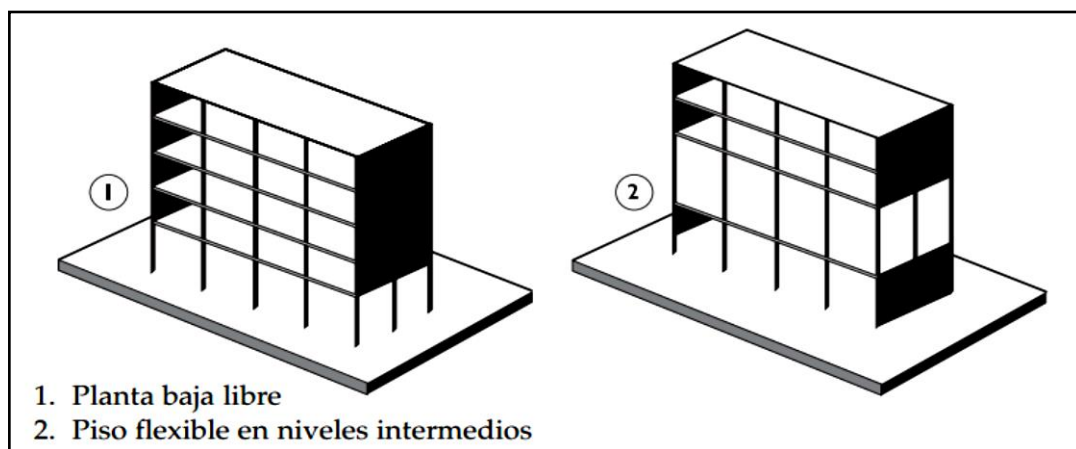


Figura 7.11 Ejemplos de estructuras con irregularidad tipo "Piso Blando" Fuente: <http://www.paho.org>

Piso Blando o flexible

Es también una irregularidad vertical, pero se separa de las anteriores por ser una irregularidad más peligrosa. Diversos esquemas arquitectónicos y estructurales conllevan a la generación de los denominados pisos blandos, es decir, pisos que presentan una mayor vulnerabilidad al daño sísmico que los restantes, por el hecho de tener menor rigidez, menor resistencia o ambas (OPS, 2000). La aparición de pisos blandos se puede atribuir:

- Diferencia de altura entre pisos.
- Interrupción de elementos estructurales verticales en el piso.

La primera representación de la figura anterior (Figura 7.11) se presenta por la búsqueda de volúmenes mayores en ciertos niveles de la construcción, normalmente debido a razones técnicas o bien estéticas simbólicas (p.j edificio con diferentes alturas en los accesos, etc.). Esto lleva a que en los pisos en cuestión se

presente una disminución de la rigidez, ocasionada por la mayor esbeltez de los elementos verticales (OPS, 2000), por ello si la estructura presenta una porción más flexible en un piso y una porción más rígida en los pisos superiores, la mayoría de la energía del sismo será absorbida por la porción más flexible y la restante será distribuida entre los pisos superiores rígidos, produciéndose mayores deformaciones en piso inferior.

La irregularidad en la configuración de la edificación, conocida como piso blando, se refiere justamente a la existencia de un nivel o piso del edificio que presenta una rigidez significativamente menor que el resto de los pisos de la edificación, por ello también se denomina piso flexible.

Es normal que el piso blando se genere accidentalmente a raíz de la eliminación o disminución del número de paredes no estructurales en uno de los pisos de la edificación, o por cambiar la distribución de la planta, añadiendo componente rígido que no fue considerado en el análisis y diseño de la estructura, deformando los componentes estructurales en el resto de las plantas.

Suele ser habitual que estas condiciones se den en las plantas bajas de las edificaciones, aunque también puede darse el caso encontrado en un nivel intermedio de la edificación, como se aprecia en el segundo caso de la figura 7.9.

Cuando se produce el sismo aparece un desplazamiento relativo entre el forjado de un nivel y el del nivel inmediato, esto somete a los pilares del piso blando a grandes deformaciones, lo cual no se prevé con anticipación, lo que origina daños irreparables en los componentes estructurales y en los no estructurales del piso. La disipación de la energía que transmite el sismo se concentra en dicha planta.

La existencia de un piso blando, es debida a las decisiones que toman los técnicos, bien sea en el diseño inicial de la edificación o por modificaciones arquitectónicas y constructivas posteriores, que en ocasiones no se consultan al ingeniero estructural.

En resumen, el piso blando o flexible en planta baja se da cuando se presentan las siguientes condiciones o característica:

- 1-. La altura de la entreplanta se mantiene constante en toda la altura del edificio, pero existe una diferencia de rigidez de la planta baja en relación a las plantas superiores debido a:

Paredes rígidas que no tienen carácter estructural, adosadas a los componentes estructurales flexibles en los pisos superiores y planta baja sin las mencionadas paredes. Esta característica se identifica como piso blando sin cerramientos. Figura 7.12

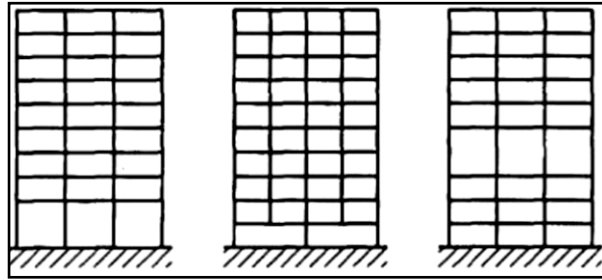


Figura 7.12. Ejemplos de Irregularidad tipo "Piso Blando". Fuente: propia.

Este se suele observar en aquellas edificaciones, que la planta baja se dedica a uso comercial, y también en edificaciones que tienen plantas bajas libres, este tipo de edificación es muy común en la zona que nos encontramos (Murcia).

La existencia en los pisos superiores de elementos rígidos que no tengan carácter estructural, como puede ser el caso de tabiques de albañilería, adosados a los componentes estructurales flexibles y la inexistencia de estos tabiques en la planta baja, modifica el comportamiento de los elementos estructurales, generando una mayor rigidez y masa en los pisos superiores, dando lugar a que casi toda la deformación lateral se centre en la planta baja. En las siguientes Figuras 7.13 se puede ver claramente este hecho.

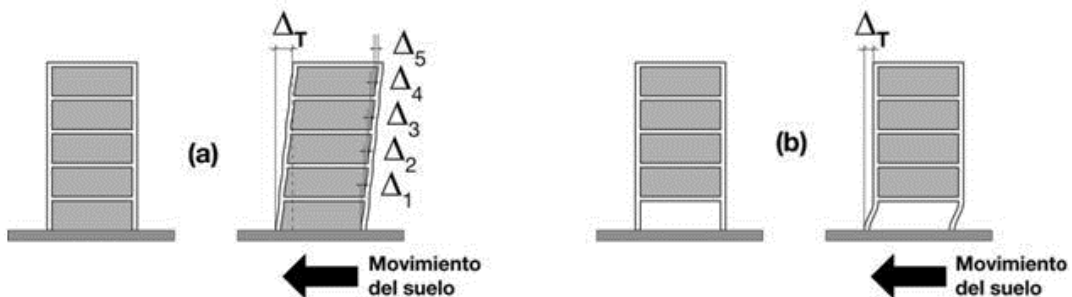


Figura 7.13 Desplazamiento generado por un sismo en: (a) un edificio regular, (b) edificio de planta baja libre. Fuente: Arquitectura Moderna en zonas sísmicas (Guevara, T., & Bertero, V. V. (2009)

2.- La flexibilidad de la planta baja débil puede estar producida por la diferencia de altura existente entre los pilares de la planta baja y los pilares de

plantas superiores. Este tipo de característica también lo solemos encontrar en viviendas multifamiliares con planta baja de uso comercial. figura 7.12

En la tabla 7.9 se mencionan los valores adoptados por esta irregularidad, a la hora de calcular la vulnerabilidad del edificio.

Tabla 7. 9 Modificador en función del Piso Blando

Tipología	Parámetros	Modificador por comportamiento
		Piso blando
Hormigón	Se encuentra	+0.06
	No se encuentra	+0.00
Acero	Se encuentra	+0.05
	No se encuentra	+0.00
Madera	Se encuentra	+0.04
	No se encuentra	+0.00

Fuente: Propia.

Este concepto no se debe de confundir con el piso débil, este se refiere a la existencia de un nivel o entreplanta del edificio que presenta una menor resistencia lateral estructural que la de la entreplanta inmediatamente superior o que el resto de las entreplantas de la edificación. La parte más débil de la edificación es la que va a sufrir unos mayores daños, por la incapacidad de esta para resistir los esfuerzos generados por el movimiento sísmico.

El piso débil suele aparecer cuando en alguno de los pisos de la edificación presenta alguna de las siguientes condiciones, que lo diferencia significativamente del resto de las plantas del edificio.

-Eliminación o debilitación de componente de resistencia sísmica en la planta baja, como es el caso de una planta diáfana o bien con una altura diferente al resto de las plantas.

-sistemas mistos, pórticos y muros estructurales, con interrupción de los muros en la planta baja.

El piso débil suele utilizarse en edificaciones del tipo hotelero, hospitales, en las que no sólo se diseña la planta baja libre de muros, sino que este nivel, debido a su importancia, tiene una mayor altura de entreplanta que la del resto de los niveles.

Efecto pilar corto y columna cautiva

Esta característica que presentan un elevado número de edificaciones, es probablemente la causa más determinante a la hora de general daño al producirse

un movimiento sísmico. Este efecto está en relación con la variación en la configuración de los pilares del edificio. El efecto pilar corto puede ser ocasionado por una columna cautiva o pilar corto.

Columna cautiva o Pilar secuestrado

Las edificaciones que tienen columna cautiva o pilar secuestrado, en daño se produce en el pilar, pero la causa habitual reside en la acción de otros elementos constructivos que alteran el patrón de respuesta del pilar frente a las acciones sísmicas.

El pilar cautivo se produce por la modificación accidental en la configuración estructural original de los pilares de un pórtico. El pilar diseñado y analizado inicialmente para moverse y deformarse, independiente en toda la altura, queda inmovilizado tanto por elementos constructivos rígidos, tales como cerramientos interiores, cerramientos de fachada, muros de contención, descansos de escalera, rampas y otros.

El principal problema se produce cuando la deformación del pilar queda parcialmente restringida en el plano, mientras que la sección queda libre, absorbiendo gran parte de la deformación del pilar en su altura total.

Si se trata de una estructura porticada, y se le adosan en una dirección paredes que no tienen característica estructural dejando un hueco libre para la ventilación, de pilar a pilar; se está introduciendo una modificación del comportamiento sismorresistente de los pilares, produciendo efectos no esperados como es el fallo en la sección del pilar por cortante. Esto se puede

apreciar en la siguiente Figura. 7.14.

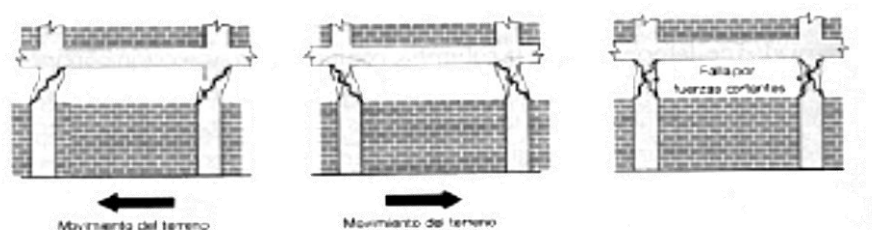


Figura 7.14. Daño en pilares cautivos. Fuente “Experiencias para un protocolo Técnico de Actuación tras Terremotos” (Universidad Católica San Antonio, Cátedra de Estructuras Arquitectónicas, 2012).

En España es muy común encontrar este tipo de pilar cautivo en aberturas para iluminación y ventilación de semisótanos.

b) Pilar corto o enano.

La condición de pilar corto se puede generar por diversas decisiones de carácter arquitectónico, estas suelen estar preestablecidas en el diseño original de la edificación, o por adaptación al terreno o por motivos estéticos o funcionales. Se denomina pilar corto o enano, a aquel que tiene una altura significativamente menor que la mayoría de los pilares del mismo piso o de los pisos superiores, los cuales, si no han sido bien diseñados, pueden llegar a generar un aumento de esfuerzo de corte en dichas columnas al producirse un movimiento sísmico.

El pilar corto es muy frecuente en edificios con desnivel, en terrenos con pendiente y en edificios con la altura de los pilares de un mismo piso más corta que las del resto, (caso de forjados sanitarios).

Tanto en el caso del pilar corto como pilar secuestrado, ambos suelen producir el mismo efecto, se traduce en el fallo del pilar por esfuerzos cortantes y en es uno de las características que mayor daño produce al edificio.

Torsión

La torsión se origina por la excentricidad que se genera entre el centro de masa y el centro de rigidez en una planta, debido a que los elementos rígidos están colocados de manera asimétrica en una planta, o a la ubicación de grandes masas de modo asimétrico respecto al centro de masa. Generalmente se produce en edificios de esquina, debido a la gran rigidez que presentan los muros de colindancia (Véase Figura 7.15), pero basta con que se excedan ciertos límites de excentricidad (una mala distribución de la rigidez lateral) para que se produzcan los efectos negativos de la torsión.

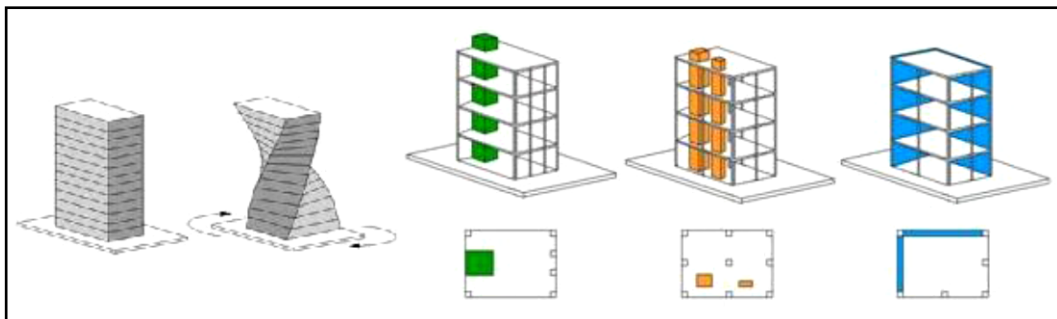


Figura 7.15. Formas que comúnmente producen Torsión.

Otro tipo de características que también influyen en el comportamiento estructural del edificio ante el sismo, las cuales aumentan o disminuyen la vulnerabilidad, son las siguientes:

El Estado de Conservación

El atributo del estado de conservación graba la presencia de deterioros de la estructura en cuanto a la calidad de los materiales y si se protege al material estructural frente a agentes externos, se penaliza generalmente a las estructuras que poseen una mayor edad y por lo que general se encuentran un poco desprovistos de este tipo de protecciones, en la Tabla 7.10 se establecen los valores considerados para este tipo de irregularidad.

Tabla 7.10. Modificador en función del Estado de Conservación. Fuente: propia

Estado de conservación	Modificador Mec
Normal	-0.02
Regular	0.00
Deficiente	+0.02
Ruinoso	+0.04

Estado de la Cubierta

Este modificador, posee una subdivisión en dos categorías (Véase Tabla 7.11), la primera es: "Peso de la cubierta" que permite evaluar el tipo de cubierta, materiales utilizados e inclusive si posee materiales no estructurales adosados a esta estructura. La segunda categoría es "Conexiones con la estructura" que evalúan el tipo de conexión y su estado de conservación. Por lo general este modificador (Estado de la Cubierta) no suele identificarse mucho en las construcciones, pero en casos particulares se ha tenido que evaluar en forma desfavorable a la estructura.

Tabla 7. 11 Modificador en función del Estado de la Cubierta Fuente: propia

Tipología	Parámetros	Modificador por comportamiento
		Estado de Conservación
Madera	Bueno	-0.04
	Regular	0.00
	Malo	+0.04
Hormigón	Bueno	-0.02
	Regular	0.00
	Malo	+0.02
Acero	Bueno	-0.03
	Regular	0.00
	Malo	+0.03

Cimientos

Los cimientos son aquella parte de la estructura que tiene como función transmitir en forma adecuada las cargas de la estructura al suelo y brindar a la misma un sistema de apoyo estable. Existen un sinnúmero de variedades de cimientos, dentro de las cuales encontramos (Véase Tabla 7.12): “Cimientos a diferentes niveles”, “sistema de Vigas conectadas” o llamadas zapatas corridas y las últimas que llamaremos “apoyos aislados”. Las primeras se encuentran en estructuras donde su estructura generalmente se encuentra en un terreno muy irregular y son muy difíciles de encontrar, además por el mismo hecho de que muchas de ellas se encuentran totalmente enterradas en el terreno hace que sea muy difícil identificarlas. Las segundas es el que mayor uso tiene hoy en día, su uso es muy frecuente en todo tipo de estructuras y por último se encuentran los “apoyos aislados” donde su uso es muy común en las casas autoconstruidas o viviendas unifamiliares debido a su simpleza en la construcción y el bajo coste económico que estos poseen.

Tabla 7.12 Modificador en función de los cimientos Fuente: propia

Tipología	Modificador por comportamiento	Parámetros	Puntuación del modificador
Madera	Cimientos	Cimientos a diferentes niveles	+0.02
		Vigas conectadas o zapata corrida	0.00
		Apoyos aislados	+0.04
Hormigón		Cimientos a diferentes niveles	+0.03
		Vigas conectadas o zapata corrida	0.00
		Apoyos aislados	+0.05

7.6.2 Características de carácter geométrico

Características del modelo de edificio

Se entiende por características geométricas del edificio a las siguientes: número de plantas, altura entre plantas, irregularidad en altura, irregularidad en planta, longitud de la fachada, etc... Estas variables, nos permiten averiguar que tipología de edificio es más adecuada, para zonas que presentan una acción sísmica.

Ya que durante años se ha observado que cuando ocurre un sismo, estas características incrementan el daño sufrido por las edificaciones.

El Número de plantas

Los modificadores de comportamiento en función del número de plantas del edificio, se aplican según la tipología de la estructura a evaluar, por ejemplo un edificio de hormigón de 3 plantas es considerado como un edificio bajo, aunque "este mismo edificio si fuera construido de madera sería considerado como de altura media, a continuación la Tabla 7.13 resume los modificadores empleados en madera y a modo de comparación se muestran los que se utilizarían en el caso de que la estructura fuera de hormigón.

Tabla 7.13. Modificador en función del número de plantas del edificio según su tipología Fuente: (Lantada, 2007).

Tipología	Nº Plantas	MODIFICADOR M_H	
		Edificaciones anteriores a 1940	Edificaciones posteriores a 1940
Mampostería (M31, M32, M33 y M34)	Bajo (1 a 2)	-0.02	-0.04
	Medio (3 a 5)	+0.02	0
	Alto (6 o más)	+0.06	+0.04
Hormigón (RC32)	Bajo (1 a 3)	-0.04	
Acero (S1, S3 y S5)	Medio (4 a 7)	0	
Madera (W)	Alto (8 o más)	+0.08	

Altura promedio

Otro parámetro es el comportamiento en función de la altura de cada piso, las estructuras que posean diferencias con la altura normal para cada piso, ya que, en caso de sismos, si la altura de los edificios es irregular y considerada como un parámetro importante de incremento del daño. Debido a esto los edificios pueden tener diferentes sub-parcelas en su superficie, dando lugar a diferencias en altura e inducen irregularidades importantes. La Figura 7.16 presenta una muestra de este tipo de irregularidad. Para evaluar el modificador de altura promedio se usa la ecuación 7.3:

$$\delta = h_{m\acute{a}x} - h_v - \left[\frac{\sum_{k=1}^n (A_k \cdot h_k)}{\sum_{k=1}^n A_k} \right] \text{ Ecuación 7.3}$$

$$M_{ih} = +0.00 \text{ si } \delta < 1$$

$$M_{ih} = +0.02 \text{ si } 1 < \delta \leq 3$$

$$M_{ih} = +0.04 \text{ si } \delta > 3$$

Donde h_k y A_k son mutuamente el número de plantas y el área del edificio o sub-parcela. Esta ecuación valora el número de plantas h_v o la altura, que tendría un edificio con el mismo volumen total que el edificio de estudio y la misma superficie de planta. Se conoce como diferencia entre este número de plantas, h_v y el número máximo de plantas del edificio, h_{max} , como el valor del parámetro δ , que determina el valor del modificador a aplicar.

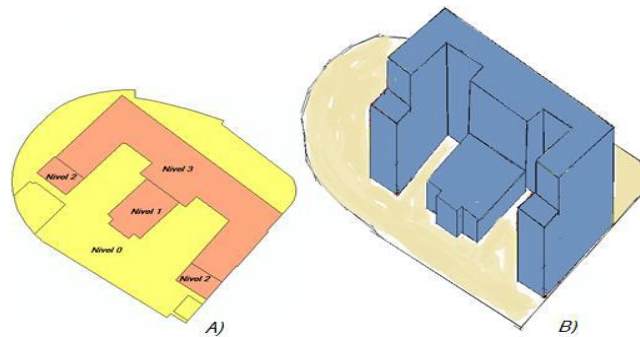


Figura .7.16: Ejemplo de diferencia de altura en las sub-parcelas contiguas que forman un edificio.

A) vista en planta, B) vista en 3D. Fuente: (Lantada).

Irregularidad en la geometría de la planta

La disposición y la forma en planta de los edificios es determinante en su comportamiento frente acciones sísmicas. Los edificios que tienen una planta regular se comportan mejor sísmicamente que los que tienen una planta de geometría irregular. Se considera como planta irregular la unidad constructiva que no cuenta con alguna de las siguientes propiedades geométricas: convexidad, simetría, proporciones y dimensiones.

Hay diversas metodologías para evaluar la geometría en planta de un edificio. En general, se apoyan en la comparación de las formas geométricas regulares con la forma de los edificios. Estos índices pretenden dar una medida lo más ajustada posible del nivel de regularidad de una línea poligonal. Los índices más reconocidos son la razón de compacidad/circularidad o RC, definido por la siguiente ecuación 7.4 (Udwin, 1981).

$$RC = \sqrt{A/A_c} \quad \text{Ecuación 7.4}$$

Siendo A , el área del polígono estudiado, y A_c el área del círculo que tiene el mismo perímetro que el polígono. El índice de compacidad vale 1 cuando el polígono es un círculo, y toma valores entre 1 y 0 para cualquier otra forma. Cuanto más diferente de un círculo sea el polígono estudiado, más se acercará a 0 el índice RC.

El índice de compacidad es el más utilizado para estimar los modificadores del índice de vulnerabilidad por irregularidad en planta, ya que ha demostrado ser más adecuado a las características para este tipo de estudio. La Figura 7.17 presenta un ejemplo de edificios y sus respectivos índices RC. La Tabla 7.14 presenta los valores adoptados del modificador para todas las tipologías, en función del índice de compacidad RC.”

Tabla 7.14: Modificador de regularidad en planta de un edificio; (Lantada, 2007).

Parámetro RC	Modificador M_{ip}
$R_c < 0.5$	+0.04
$0.5 \leq R_c \leq 0.7$	+0.02
$R_c > 0.7$	+0.00



Figura 7.17: Edificios gravados por irregularidad en planta. A) Edificio con un índice de RC de 0.38 y modificador +0.05. B) Edificio con RC de 0.58 y modificador de +0.01. Fuente: Lantada.

Simetría

La simetría es una propiedad muy importante, cuando se describe la irregularidad de la planta en términos sismorresistentes. Esta característica es determinante para un comportamiento sísmico adecuado, por ello cuando la distribución de masa, la rigidez y la resistencia sísmica son simétricas y concéntricas. El grado de irregularidad lo van a determinar las dimensiones y las características dinámicas de los componentes estructurales y no estructurales; y la distribución simétrica de la masa, la rigidez y la resistencia en planta y alzado. Puesto que la distribución asimétrica de los componentes rígidos, estructurales y no estructurales genera excentricidad por el desplazamiento del centro de rigidez en relación al centro de masas.

Del mismo modo una distribución simétrica de la rigidez, pero asimétrica de la masa, puede producir excentricidades que son el resultado de la rotación entorno a eje vertical.

Un edificio es simétrico respecto a sus dos ejes si su geometría es idéntica en cualquiera de los lados de los ejes que se estén considerando. Tal edificio es perfectamente simétrico, pero puede ser lo respecto a un eje únicamente. (Véase Figura 7.18).

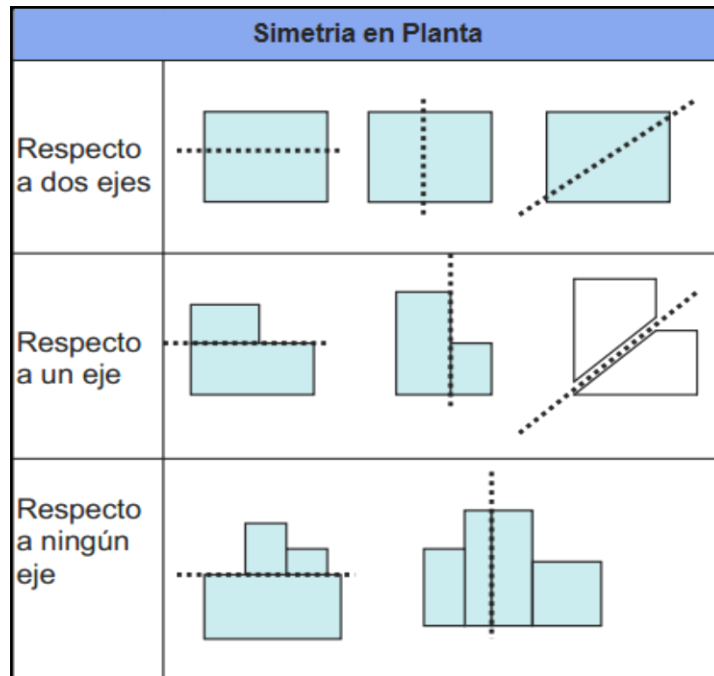


Figura 7. 18. Simetrías en planta respecto de los ejes. Fuente: propia

Por ello a la hora de diseñar un edificio en zonas con riesgo sísmico se debe de considerar las siguientes recomendaciones en relación con la propiedad geometría de la simetría:

- 1-. La planta debe ser geoméricamente simétrica, es decir, que la dirección de sus ejes de simetría coincide con la dirección de los ejes ortogonales principales de la planta estructural y que no presente áreas con entrantes de dimensiones significativas.
- 2-. La distribución de la masa de la edificación debe ser simétrica.
- 3-. La distribución de la rigidez de la edificación, a través de sus componentes verticales y horizontales, debe ser simetría, tanto si es elástica o inelástica.

Todas estas recomendaciones deben de estar reflejadas en las normas urbanísticas de las ciudades que presenten un determinado nivel de riesgo sísmico.

Convexidad

Con esta propiedad podemos identificar la presencia de áreas entrantes o retranqueos, los cuales generan distintos volúmenes o cuerpos rectangulares, los

cuales se ajustan en direcciones diferentes para conformar una sola unidad estructural.

Presencia de esquinas entrantes

Son las configuraciones con esquinas entrantes o también conocidas como esquinas interiores. Las esquinas entrantes son una característica común de la configuración general de las estructuras que toman formas +, L, T, U, H en planta, o bien una combinación de estas formas, que al mismo tiempo puede ser simétrica o no. (Véase la Figura 7.19)



Figura 7. 19. Formas de las esquinas entrantes. Fuente: propia.

Las unidades constructivas que presentan esquinas entrantes definen los puntos de unión de los diferentes cuerpos y estas son las zonas en las que se va a concentrar más esfuerzo en el momento de producirse un sismo.

Cuando se produce un terremoto y el terreno vibra, cada uno de estos cuerpos que están unidos a fin de conformar una unidad constructiva, oscila en dirección y con frecuencia distinta con el otro al que está unido, debido a sus propias características dinámicas y su orientación en relación a la dirección predominante del movimiento del terreno. Aunque las características de la unidad constructiva sean idénticas, es decir misma estructura, mismos materiales, el cuerpo cuyo eje longitudinal sea paralelo a la dirección predominante del movimiento del terreno se desplazara, pero teóricamente no sufrirá mayores rotaciones, mientras que en el cuerpo cuyo eje longitudinal es ortogonal a la dirección predominante del movimiento se podrá producir una rotación y un desplazamiento, llegando a provocar una ruptura entre ambos cuerpos.

Como los cuerpos no pueden moverse independientemente, se produce una concentración de esfuerzo en los ángulos de unión. Cada cuerpo tratará de permanecer en su propia dirección y sentido, pero al estar rigidizados por la unión

existente entre ambos, se producirán excentricidades en ambos cuerpos y rotación en el extremo exterior del cuerpo cuyo eje no sea paralelo a la dirección predominante del movimiento que experimente el terreno.

En el momento que se produce un terremoto, en realidad no se mueve o se desplaza en una sola dirección, sino que el terreno se mueve con un patrón irregular en diferentes direcciones al mismo tiempo, lo que hace ambos cuerpos se muevan de diferente modo. Como cada uno de los cuerpos presenta su propio centro de masa y su propio centro de rigidez, pero al estar unido actuarán como un único cuerpo, generando un único centro de masa y rigidez. Si estos dos cuerpos no se encontraran unidos, cada uno de ellos oscilaría de forma diferente, evitando así, la fractura entre ambos cuerpos.

Los factores determinantes de esta propiedad son, por un lado, la ubicación de las áreas entrantes, y por otro el número de áreas entrantes que puede llegar a tener cada unidad constructiva y por otro lado la ubicación de las áreas entrantes. A mayor número de áreas entrantes en la geometría de la planta, mayor será el número de esquinas entrantes donde se va a generar una mayor concentración de esfuerzo.

Estas áreas se pueden dividir en áreas con entrantes exteriores, aquellos cuerpos en las que cada una de las áreas entrantes rectangulares cuentan con dos de sus lados en el perímetro exterior del cuadrado que circunscribe a la forma irregular.

Y aquellos que tienen las áreas entrantes interiores, cuerpos que cada una de las áreas entrantes rectangulares tiene uno solo de sus lados en su perímetro exterior del cuadrado que circunscribe a la forma irregular.

En la figura 7.20 se aprecia claramente los que presentan entrantes interiores o exteriores, en el primer caso se puede apreciar que si solo cuenta con un área entrante este genera dos cuerpos o bloques y una esquina crítica, mientras que, en el caso de tener entrantes interiores, genera tres o más cuerpos diferentes en la edificación y dos o más esquinas críticas.

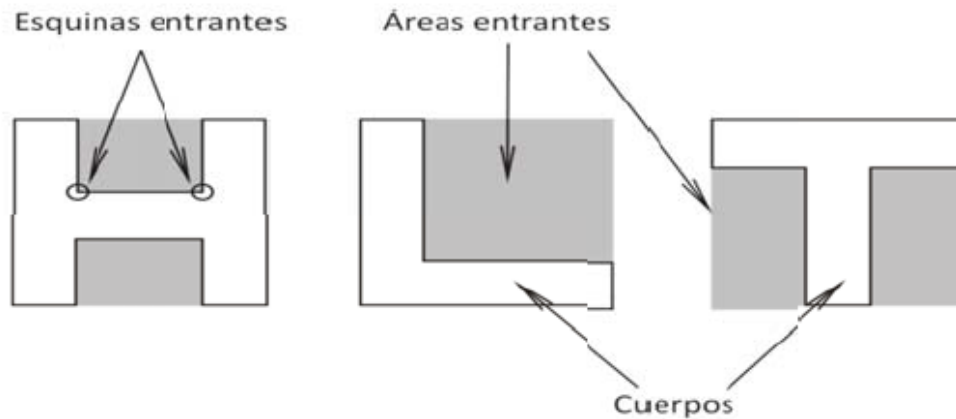


Figura 7.20. Edificaciones con áreas entrantes. Fuente: propia.

Lo que finalmente se deduce de esto es que a mayor número de esquinas entrantes en la geometría de la planta de la edificación, mayor será la vulnerabilidad de esta. Del mismo modo las áreas entrantes interiores, aun teniendo el mismo número de esquinas entrantes que una exterior, genera un mayor número de esquinas críticas y a su vez genera un mayor número de cuerpos en las edificaciones, lo que implica que estas reaccionen de distinta manera ante un sismo, creando a su vez discontinuidades en el plano del diafragma.

7.6.3 Irregularidad vertical desde el punto de vista geométrico en alzado

Las edificaciones suelen presentar algún tipo de retranqueo, considerando este, como el desplazamiento de varias porciones de la pared exterior del edificio en relación a los límites establecidos en los planos verticales del volumen envolvente o la pared de la fachada de otra porción superior o inferior.

Dichos retranqueos si presentan un mal diseño desde el punto de vista sismorresistente, pueden ocasionar discontinuidades e irregularidad en la distribución de los elementos resistentes pudiendo producirse cambios bruscos en la masa, en la resistencia y la rigidez entre las diferentes partes de la edificación, y por consiguiente un comportamiento inadecuado ante un sismo, por concentración de daños en dicha posición.

Nos encontramos comúnmente con una serie de retranqueos en nuestras ciudades:

- Escalonamientos en la parte superior del edificio

- Voladizos
- Base y torre
- Edificaciones piramidales
- El tipo péndulo invertido
- Los cuerpos entrantes y salientes
- La falsa regularidad volumétrica con vacíos interiores.

A continuación, se analizan los más comunes en las fachadas de las edificaciones, voladizos, base y torre y escalonamiento.

Voladizos

Se entiende por voladizo, aquel elemento de construcción que vuela o sobresale horizontalmente de la vertical de un edificio o pared. Este parámetro urbanístico se observa con mucha frecuencia en las configuraciones edificatorias de las ciudades españolas.

Cuando se produce un sismo, debido a las vibraciones del terreno, se generan fuerzas verticales de inercia de carácter reversible en los elementos horizontales, como es el caso de vigas, losas, las cuales aumenta o disminuyen los efectos de la gravedad y pueden generar momentos en la base del voladizo y deflexiones diferenciales importantes, produciendo grietas en el caso del hormigón.

Debilitando a este, si a esto le añadimos que el acero no suele trabajar bien a cortante, puede producirse el fallo y llegar al colapso. Es por ello por lo que se recomienda evitar en la medida de lo posible en los voladizos la concentración de masas excesivas, sobre todo en los extremos, ya que genera un aumento de momento en la base de estos.

Este es uno de los parámetros urbanísticos, que nos encontramos habitualmente en las ciudades, en el caso de las ciudades españolas algunos ayuntamientos reflejan en su normativa, que las áreas de los balcones o cuerpos salientes no computan como superficie edificada, o si computan lo hacen por un 50% de superficie edificada. Lo que posibilita que su uso sea elevado, esto da lugar a que en zonas que presentan riesgo sísmico de cierta entidad, se incremente el número de daños por este elemento urbanístico. Este hecho se pudo constatar en el sismo de la ciudad de Lorca de mayo de 2011, en el cual un porcentaje elevado de daños, e incluso víctimas fue ocasionado por los elementos volados.

Escalonamiento

Otra de las configuraciones urbanas que nos encontramos en las ciudades es el escalonamiento en los pisos superiores del edificio. Este efecto se produce al desplazar la envolvente de la fachada sucesivamente en horizontal en varios de los pisos superiores de un edificio en relación a un plano exterior vertical, a semejanza de escalones.

Es frecuente encontrar este tipo de retranqueo en las plantas superiores de los edificios de hoy en día. Hay normas sismorresistentes como es en el caso de Venezuela (Sección 6.5 Clasificación según la regularidad de la estructura) en la cual solo se considera esta irregularidad cuando el retranqueo horizontal sea para más de una planta, es decir no se consideran los retranqueos de la última planta.

Los edificios que presentan escalonamiento pueden generar asimetrías en la distribución de la masa, cambios bruscos de resistencia y rigidez en la parte superior del edificio, concentración de esfuerzos en las zonas de unión de los cuerpos que se forman y dar lugar a la discontinuidad e irregularidad en la distribución de los componentes estructurales verticales. Con todo lo que esto conlleva desde el comportamiento sismorresistente del edificio.

Base y torre

Consideramos a los edificios como base y torre a aquellos que están formados por dos volúmenes con características diferentes. En zonas que presentan riesgo sísmico si esto no se considera en el diseño del edificio, al producirse un sismo puede ocasionar frecuencias de vibración diferente entre los dos volúmenes y concentración de esfuerzo de corte elevados y una gran demanda de ductilidad en la zona de unión de ambos cuerpos.

7.6.4. Perfil urbano

Las normativas urbanísticas de las ciudades suelen incluir disposiciones para crear un perfil urbano continuo, es decir, que se construyan los bloques de edificios adosados formando una volumetría que contribuya a mantener una anchura constante en las vías sobre las que están edificadas los edificios. De este modo se crean volúmenes homogéneos alineados al vial, conformando un cierto orden en los centros urbanos.

Como se ha comentado en el capítulo III la forma urbana de las ciudades ha ido evolucionando a lo largo del tiempo, por ejemplo, en la edad media las ciudades se caracterizaban por tener calles estrechas y tortuosas, debido a la inexistencia de normas urbanísticas, por ello los núcleos urbanos de esa época son compactos.

En el siglo XIX, surgen los ensanches, posibilitando una morfología urbana homogénea, guardando las alineaciones, el cancho del vial, y las alturas de los edificios, siendo el perfil regular, con configuraciones arquitectónicas similares.

En los últimos años del siglo XX se experimenta un cambio, en el cual, por encima de los valores estéticos y la homogeneidad, se alza la especulación. Surgiendo edificaciones tradicionales junto a edificaciones modernas, con características diferentes, ya no sólo desde el aspecto estético sino desde el aspecto estructural. Nos encontramos con nuevas edificaciones, diseñadas y calculadas como unidades independientes, y al producirse un seísmo se aprecia que al estar en contacto edificaciones tradicionales, modernas su comportamiento ante el sismo empeora.

Las configuraciones irregulares del perfil urbano incrementan la vulnerabilidad de la ciudad ante el sismo, encontrándonos con las siguientes:

- Tipología edificatoria.
- La posición del edificio en la manzana.
- El efecto golpeteo producido por la diferencia de altura de los forjados de edificios colindantes y efecto medianería.
- La diferencia de altura con sus edificios adyacentes.
- Las alineaciones de los edificios.

Tipología edificatoria

La tipología edificatoria es también un parámetro urbanístico que puede producir un incremento del riesgo sísmico de las ciudades. El tipo de edificación va a configurar y a dar forma a la ciudad. En España nos encontramos con las siguientes tipologías edificatorias:

Tabla 7.15 Ordenación urbanística y tipologías edificatorias.

Zonas de ordenación urbanística		Usos globales			
Modos de ordenación	Tipologías edificatorias	Residencial		Industrial	Terciario
		Unitario	Múltiple		
Alineación de calle	Manzana compacta	Núcleo histórico Ampliación de casco		Industrial en manzana	
	Manzana cerrada	Ensanche			
Edificación aislada	Bloque exento	Vivienda aislada	Edificación abierta	Industrial aislado	
	Bloque adosado	Viviendas adosadas			
Definición volumétrica	Volumen específico				
	Volumen contenedor				

Fuente: Reglamento de planeamiento



Figura 7.21 Tipologías de manzanas. Fuente: propia.

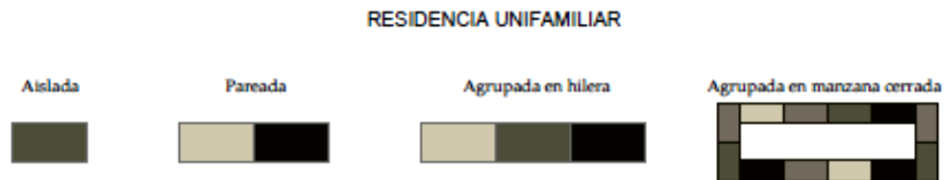


Figura 7.22 Tipo de alineaciones en residencia unifamiliar. Fuente: propia

Los Variadores De Posición

Califican la situación relativa del edificio dentro de una manzana, bloque o grupo de edificios del que forma parte y con los que está unido formando una manzana o conjunto de edificios. Se considera como modificadores las diferencias entre el número de plantas del edificio y el de los edificios adyacentes y la posición del edificio en la manzana.

Las prácticas constructivas de la mayoría de las ciudades llevan a construir edificios en parcelas contiguas con notables diferencias en sus características estructurales y arquitectónicas. Los edificios contiguos suelen presentar diferencias en cuanto tipología constructiva, materiales, forma en planta pueden compartir una pared medianera o no, pueden tener diferencias en el número de pisos e incluso pueden presentar diferencias en las alturas de los pisos o plantas.

Es bien sabido que estas discontinuidades en los materiales y en la geometría de los edificios contiguos, así como la posición relativa de un edificio particular dentro de un agregado de edificios suelen ser causa de daño sísmico adicional.

A continuación, se analizan estos aspectos y se cuantifican modificadores de índice de vulnerabilidad que permitan considerar estos efectos de modo adecuado y razonable.

Situación del Edificio En La Manzana

A través de tiempo y estudios, como por medio de experiencias con terremotos, se ha podido deducir que al momento de un terremoto los edificios situados en esquinas y finales de agrupaciones de edificios sufren más daño que aquellos que se encuentran en posiciones centrales, que de alguna manera se encuentran más protegidos por estar en medio de otros edificios.

Se suele considerar tres tipos de edificios en función de su posición dentro de la manzana o grupo de edificios. Estos son: los edificios que se sitúan en las esquinas, es cuando su fachada forma parte de un cruce de calles. Edificio terminal o final, es cuando el edificio está en contacto con los demás edificios de la manzana solo por uno de sus lados. Edificio intermedio, es cualquier otro caso diferente de los mencionados anteriormente.

En base a las características del daño observado en agrupaciones de edificios durante terremotos y en las condiciones constructivas de los edificios esquina de la ciudad de Barcelona (Lantada 2007), Girona (2001), etc., se considera un

modificador de vulnerabilidad positivo para los edificios esquina, penalizando también los edificios terminales y bonificando la vulnerabilidad de los intermedios (Lantada, 2007). La Figura 7.21 y la Tabla 7.16 esquematizan los tres tipos de edificios considerados y la cuantificación de los modificadores asignados.

Tabla 7.16: Modificador en función de la posición del edificio

Posición	Modificador M _{pf}
Terminal o final	+0.06
Esquina	+0.04
Intermedio	-0.04

Fuente: (Lantada, 2007).

En la Figura 7.23, se puede notar que el edificio terminal o final, solo está en contacto con el resto de la manzana por uno de sus lados, y que el edificio intermedio está rodeado por otros edificios, quedando libre solo el lado de la fachada frontal, y por último el edificio esquina define perfectamente un cruce de calles. Las 3 manzanas utilizadas en la Figura 7.21 son un ejemplo, y no están ubicadas con el orden que tienen una con respecto a otra en la figura, se ha hecho para tener una mejor visualización del ejemplo.



Figura 7.23: Ejemplo de edificios con posiciones diferentes dentro de la manzana o grupo de edificios. A) Edificio terminal. B) Edificio intermedio. C) Edificio esquina. Fuente:((Lantada)

Alineaciones

El perfil urbano de una ciudad evoluciona a lo largo del tiempo. A medida que se van creando nuevas normativas urbanísticas, se observan zonas en las que conviven edificaciones históricas con edificaciones modernas, en las que se encuentran alineadas según la nueva normativa y las históricas se ubican fuera de línea.

El producirse un sismo estas edificaciones suelen sufrir el denominado efecto golpeteo, se da entre edificaciones colindantes por los golpes, normalmente poco fuertes pero continuados, que dan una edificación contra otra como consecuencia de las vibraciones inducidas por el terreno. Los daños que se originan por este efecto no se deben a fallos producidos por un mal diseño estructural o errores de construcción en las edificaciones afectadas, sino por un mal diseño de la ciudad, al chocar las edificaciones contiguas. Las causas del efecto del golpeteo y los daños entre las edificaciones son variadas a continuación comentamos las más comunes:

Diferencia de altura en los forjados de los edificios colindantes. Efecto golpeteo

Este parámetro suele causar daños graves entre los forjados cuando se produce el efecto de golpeteo debido al sismo.

La diferencia de altura y rigidez entre los forjados de cada una de las edificaciones colindantes, ante un sismo, cuando se produce el golpeteo, cada una de las edificaciones se desplaza de acuerdo a su propio periodo de vibración, la situación puede ocasionar mayores daños, cuando los forjados se desplazan horizontalmente y golpean perpendicularmente componentes estructurales verticales de la edificación contigua.

Diferencia en las alturas de edificios adyacentes

Normalmente el Plan General de ordenación Urbana nos facilita un plano y unas ordenanzas con todas las alturas de las edificaciones existentes. Es muy importante tener en cuenta este parámetro a la hora del diseño de las ciudades frente a sismos, ya que la diferencia de altura entre edificios adyacentes origina un mayores daños en estos, puesto que al producirse el sismo , se da la situación siguiente, que en los primeros piso de las edificaciones altas quedan confinados por las edificaciones bajas colindante o adyacente, quedando su movimiento restringido, mientras los pisos de las plantas superiores, suelen ser más flexibles, desplazándose libre y de modo independiente.

Los pisos de plantas inferiores actúan junto con las edificaciones bajas colindantes como si conformaran una sola pieza o bloque y a menudo ocasionan daños importantes en el nivel de transición entre los pisos inmovilizado y los pisos libres.

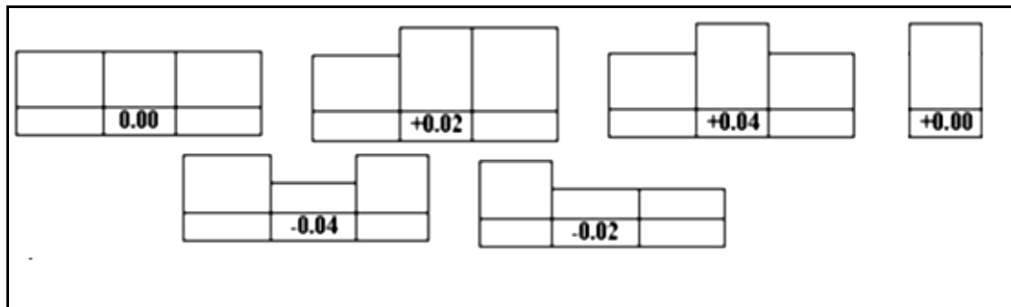


Figura 7.24 Modificadores M_{hf} , en relación del número de plantas de los edificios contiguos.

“En cada edificio, este modificador se cuantifica en función de las diferencias entre su número de plantas y el número de plantas de los dos edificios adyacentes. La Figura 7.24 esquematiza los casos considerados y cuantifica los modificadores empleados.

Los modificadores de la Figura 7.24 sólo se aplican cuando la diferencia entre el número de plantas del edificio estudiado y los edificios contiguos difieren o diferirán, en al menos 2 plantas. La evaluación de estos modificadores se realiza de un modo muy sencillo con el uso de un sistema GIS ya que permiten determinar, de forma automática, las parcelas contiguas a la considerada, consultar su número de plantas, compararlas con el número de plantas de la parcela estudiada y, finalmente, calcular y aplicar el modificador correspondiente.”

Efecto de medianería en cascos antiguos

Es muy común en los cascos antiguos, incorporar nuevas edificaciones junto a edificaciones tradicionales. Los edificios de reciente construcción presentan un comportamiento estructural muy diferente a los construidos en las épocas precedentes; cada uno de ellos actúa independientemente de los colindantes a diferencia de los tradicionales, que actuaban en bloque con el resto de los edificios de la manzana. Este hecho es un factor muy importante cuando se toma la decisión de demoler alguna edificación del casco antiguo de una ciudad para construir una nueva contigua a las ya existentes.

En los cascos antiguos de las ciudades españolas, es muy frecuente que las edificaciones colindantes compartieran medianería. Se entiende, que se comparte medianería, cuando las edificaciones compartían el muro, normalmente muro de carga, que lo utilizaban para apoyar el techo y los forjados de madera. El eje de dicho muro definía el límite de las propiedades.

Cuando se elimina una de las edificaciones existentes para construir una nueva, se eliminan componentes estructurales horizontales (techo y forjados de madera) y se mantienen completos los muros de la medianería, o se dividen por la mitad en consonancia con el límite de propiedad. Se recomienda utilizar estructuras temporales que apuntalen ambos muros hasta que se pueda garantizar la estabilidad definitiva de las edificaciones vecinas existentes.

Separación a edificios colindantes

Los edificios se deben de separarse cada una de su linde al menos el desplazamiento lateral máximo esperable, que, en cm, puede ser expresado:

$$u = 33 \cdot \alpha_1 \cdot (a_c/g) \cdot T_F^2 \geq 1,5 \text{ cm} \text{ Ecuación 7.4}$$

Siendo:

u= desplazamiento en cornisa en cm.

α_1 = 2,5 para el modo de 1 de vibración.

a_c = la aceleración de cálculo

T_F = Periodo fundamental de la edificación para Hormigón Armado= 0,09. N

N= número de plantas de la edificación.

Para los casos más habituales de los edificios, por planta y para aceleraciones entre 0.16g y 0.37g

Tabla 7.17 Separación entre edificaciones

Nº plantas	Separación entre edificaciones cm (0.16g)	Separación entre edificaciones cm (0.37g)
Hasta 3	3	5
4	4	8
5	6	13
6	8	18
7	11	25
8	14	32

Fuente: (NCSE-02)

Resumiendo, es posible afirmar que una ubicación correcta de un edificio puede disminuir la vulnerabilidad de este, junto con unas pequeñas puntualizaciones en su diseño.

Por ello desde el planeamiento urbanístico se puede influir positiva o negativamente, en el riesgo sísmico. Dando lugar a zonas menos vulnerables y seguras para la población, todo esto debe ir acompañado de unas directrices

mínimas, que pueden ser similares a las ordenanzas que encontramos en los municipios.

7.7. TABLAS RESUMEN DE RELACIÓN ENTRE PARÁMETROS URBANÍSTICOS Y LA PELIGROSIDAD

Tabla 7.18. Relación entre los factores urbanísticos relativos al vial y la peligrosidad sísmica. Fuente: propia

Relativos al vial				
Peligrosidad sísmica	Alineación del vial	Ancho del vial	Línea de rasante	Cota de rasante
Tipo de suelo	No	No	No	No
Geomorfología	No	No	Si	Si
Pendientes	Si	Si	Si	Si
Periodo de vibración	No	No	No	No
Sismicidad histórica	Si	Si	No	No

Tabla 7.19. Relación entre los factores urbanísticos relativos a la manzana y la peligrosidad sísmica. Fuente: propia.

Relativos a la manzana		
Peligrosidad sísmica	Manzana	Patio de manzana
Tipo de suelo	Si	No
Geomorfología	Si	No
Pendientes	Si	Si
Periodo de vibración	No	No
Sismicidad histórica	Si	Si

Tabla 7.20. Relación entre los factores urbanísticos relativos la parcela y la peligrosidad sísmica. Fuente: propia.

Relativos a la parcela			
Peligrosidad sísmica	Parcela edificable	Lindes	Cerramiento parcela
Tipo de suelo	Si	Si	Si
Geomorfología	Si	Si	Si
Pendientes	Si	Si	Si
Periodo de vibración	No	No	No
Sismicidad histórica	Si	Si	Si

Tabla 7.21. Relación entre los factores urbanísticos relativos a la posición y la peligrosidad sísmica

Relativos a la posición de la edificación en la parcela						
Peligrosidad sísmica	Alineación edificación	Alineaciones de volumen	Distancia al linde	Retranqueo edificación	Profundidad edificable	Separación edificaciones
Tipo de suelo	No	No	No	No	No	No
Geomorfología	No	No	No	No	No	No
Pendientes	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Periodo de vibración	No	No	No	No	No	No
Sismicidad histórica	Si	Si	Si	Si	Si	Si

Tabla 7.22. Relación entre los factores urbanísticos relativos a la I. edificación y la peligrosidad sísmica. Fuente: propia.

Relativos a la intensidad de la edificación					
	S. Ocupada	C. Ocupación	S. Libre	S. Construida	V. Construido
Peligrosidad sísmica	No	No	No	No	No
Tipo de suelo	No	No	No	No	No
Geomorfología	No	No	No	No	No
Pendientes	Si	No	No	Si	No
Periodo de vibración	No	No	No	No	No
Sismicidad histórica	Si	Si	Si	Si	Si

Tabla 7.23 Relación entre los factores urbanísticos relativos al volumen y la peligrosidad sísmica. Fuente: propia.

Relativos al volumen			
	Altura total	Número de plantas	Medianeras
Peligrosidad sísmica	Si	Si	No
Tipo de suelo	Si	Si	No
Geomorfología	Si	Si	No
Pendientes	Si	Si	Si
Periodo de vibración	Si	Si	No
Sismicidad histórica	Si	Si	Si

7.8. TABLAS RESUMEN DE RELACIÓN ENTRE PARÁMETROS URBANÍSTICOS Y LA VULNERABILIDAD

Tabla 7.24. Relación entre los factores urbanísticos relativos al vial y la vulnerabilidad. Fuente: propia

Relativos al vial				
	Alineación del vial	Ancho del vial	Línea de rasante	Cota de rasante
Vulnerabilidad	Si	Si	No	No
Densidad poblacional	No	No	No	No
Materiales construcción	No	No	No	No
Estado de conservación	No	No	No	No
Altura de los edificios	No	Si	No	No
Servicios básicos	No	No	No	No
Tenencia de propiedad	No	No	No	No
Accesibilidad	Si	Si	No	No

Tabla 7.25 Relación entre los factores urbanísticos relativos a la manzana y la vulnerabilidad. Fuente: propia.

Relativos a la manzana		
	Manzana	Patio de manzana
Vulnerabilidad	Si	Si
Densidad poblacional	No	No
Materiales construcción	No	No
Estado de conservación	No	No
Altura de los edificios	Si	Si
Servicios básicos	No	No
Tenencia de propiedad	No	NO
Accesibilidad	Si	Si

Tabla 7.26. Relación entre los factores urbanísticos relativos a la parcela y la vulnerabilidad. Fuente: propia.

Relativos la parcela			
Vulnerabilidad	Parcela edificable	Lindes	Cerramiento de la parcela
Densidad poblacional	Si	No	No
Materiales construcción	No	No	No
Estado de conservación	No	No	No
Altura de los edificios	Si	No	No
Servicios básicos	No	No	No
Tenencia de propiedad	No	No	No
Accesibilidad	Si	Si	Si

Tabla 7.27. Relación entre los factores urbanísticos relativos a la posición y la vulnerabilidad. Fuente: Propia.

Relativos a la posición de la edificación en la parcela						
Vulnerabilidad	Alineación	Alineaciones de volumen	Dist.al linde	Retranqueo edificación	Profundidad edificable	Separación edificaciones
Densidad poblacional	No	No	No	No	No	Si
Materiales construcción	No	No	No	No	No	No
Estado de conservación	No	No	No	No	No	Si
Altura de los edificios	Si	No	No	No	No	Si
Servicios básicos	No	No	No	No	No	No
Tenencia de propiedad	No	No	No	No	No	No
Accesibilidad	Si	No	No	No	No	No

Tabla 7.28. Relación entre los factores urbanísticos relativos a la I. edificación y la vulnerabilidad. Fuente propia.

Relativos a la intensidad de la edificación					
Vulnerabilidad	S. Ocupada	C.ocupación	S. Libre	S. construida	V. construido
Densidad poblacional	Si	Si	No	Si	Si
Materiales construcción	No	No	No	No	No
Estado de conservación	No	No	No	No	No
Altura de los edificios	Si	Si	No	No	Si
Servicios básicos	No	No	No	No	No
Tenencia de propiedad	No	No	No	No	No
Accesibilidad	No	No	No	No	No

Tabla 7.29. Relación entre los factores urbanísticos relativos al volumen y la vulnerabilidad. Fuente: propia.

Relativos al volumen			
Vulnerabilidad	Altura total	Número de plantas	Medianeras
Densidad poblacional	Si	Si	Si
Materiales construcción	Si	Si	No
Estado de conservación	Si	Si	Si
Altura de los edificios	Si	Si	No
Servicios básicos	Si	Si	No
Tenencia de propiedad	No	No	No
Accesibilidad	No	No	No

7.9 MÉTODO DE ZONIFICACIÓN PROPUESTO

Para la zonificación propuesta se ha considerado:

a) Clasificación de la litología

Se ha seguido la clasificación del terreno en los distintos grupos que contiene la clasificación de la NSCE 2002. Esta clasificación se ha incluido en el apartado 7.7.

b) Clasificación de la pendiente

Los estudios encontrados sobre la influencia de la pendiente, la clasifica en los siguientes intervalos de pendientes, en grados:

0-15

15,01-25

25,01-45

45,01-90

Pero se propone la siguiente agrupación de los intervalos, en porcentaje (%):

≤ 25

25-50

≥ 50

En dichos intervalos, se pueden extrapolar el factor de amplificación en función de la pendiente topográfica, son los siguientes:

Tabla 7.30 Amplificación por efecto topográfico (Borcherdt,1994)

Amplificación topográfica	
Pendientes (°)	Factor de Amplificación (P)
0-15	1
15-25	1,3
25-45	1,6
<45	2

Otro factor de amplificación a considerar es el del efecto litológico o por el tipo de terreno, tabla 7.31

Tabla 7.31 Factores de amplificación para los tipos de terreno (Borcherdt, 1994)

Clases de terreno (NSCE-02)	Función de amplificación (A)
I	$A=1$
II	$A=0,66*Acc+1,33$
III	$A=0,66*Acc+1,62$
IV	$A=2,45$
Acc: Aceleración básica en roca (PGAs)	

A partir de esta tabla, y los valores de A_{cc} , se pueden obtener los factores de amplificación en función del tipo de terreno.

c) Neotectónica, distancia a fallas activas

En todo estudio de la gestión del riesgo, la caracterización de la amenaza constituye un factor importante debido a que un mayor conocimiento de la amenaza puede ayudar a una mejor gestión. Se deben tener en cuenta las siguientes definiciones. La neotectónica refiere a la tectónica reciente y cubre un tiempo desde el Mioceno hasta el presente, o, dicho de otro modo, estudio de estructuras y procedimientos tectónicos generados o reactivados en el régimen tectónico actual en la zona de estudio. Pero en el caso que nos ocupa nos centraremos en la distancia existente a una zona con presencia de fallas activas¹, para ello se plantean los siguientes intervalos:

<15m

15m-30m

30m-60m

>60"

¹**Falla activa:**Falla (geológica) que ha tenido desplazamientos superficiales durante el Holoceno (últimos 11.000 años) y que tiene potencial de desplazamientos futuros a lo largo de uno o más de sus segmentos. localizadas sobre su traza. Los desplazamientos pueden ser observados directamente o inferidos a lo largo de la traza de falla o en parte de ella."

Partiendo de los elementos expuestos y un análisis multicriterio con ponderación lineal obtenemos la siguiente clasificación:

Clasificación de zonas

Zona (Distancia a falla)	Suelo	Pendientes		
		<25%	25-50%	≥50%
A<15m	I	AIp ₁	AIp ₂	AIp ₃
	II	AIIp ₁	AIIp ₂	AIIp ₃
	III	AIIIp ₁	AIIIp ₂	AIIIp ₃
	IV	AIVp ₁	AIVp ₂	AIVp ₃
B[15-30]m	I	BIp ₁	BIp ₂	BIp ₃
	II	BIIp ₁	BIIp ₂	BIIp ₃
	III	BIIIp ₁	BIIIp ₂	BIIIp ₃
	IV	BIVp ₁	BIVp ₂	BIVp ₃
C[30-60]m	I	CIp ₁	CIp ₂	CIp ₃
	II	CIIp ₁	CIIp ₂	CIIp ₃
	III	CIIIp ₁	CIIIp ₂	CIIIp ₃
	IV	CIVp ₁	CIVp ₂	CIVp ₃
D>60m	I	DIp ₁	DIp ₂	DIp ₃
	II	DIIp ₁	DIIp ₂	DIIp ₃
	III	DIIIp ₁	DIIIp ₂	DIIIp ₃
	IV	DIVp ₁	DIVp ₂	DIVp ₃

Tabla 7.32. Clasificación de zonas: Fuente: Propia.

La cual se divide en cuatro grandes zonas A, B, C, D, puesto que el parámetro que tiene mayor repercusión es la distancia a falla activa, con el fin de expresarlo con mayor claridad, se han realizado unas representaciones con diferente gradación de color, para plantear dicha gradación, hemos ponderado cada uno de los factores, atribuyendo los siguientes valores:

Distancia a falla: 50%

Pendiente: 30%

Tipo de suelo: 20%

A su vez cada uno de ellos de a subdividido del siguiente modo:

Distancia a falla:

- <15m (12,5%)
- 15m-30m (25%)
- 30m-60m (37,5%)
- >60m (50%)

Pendiente:

- ≤25 (10%)
- 25-50(20%)
- ≥50 (30%)

Tipo de suelo:

- Tipo I (5%)
- Tipo II (10%)
- Tipo III (15%)
- Tipo IV (20%)

Dando lugar a la siguiente representación tridimensional

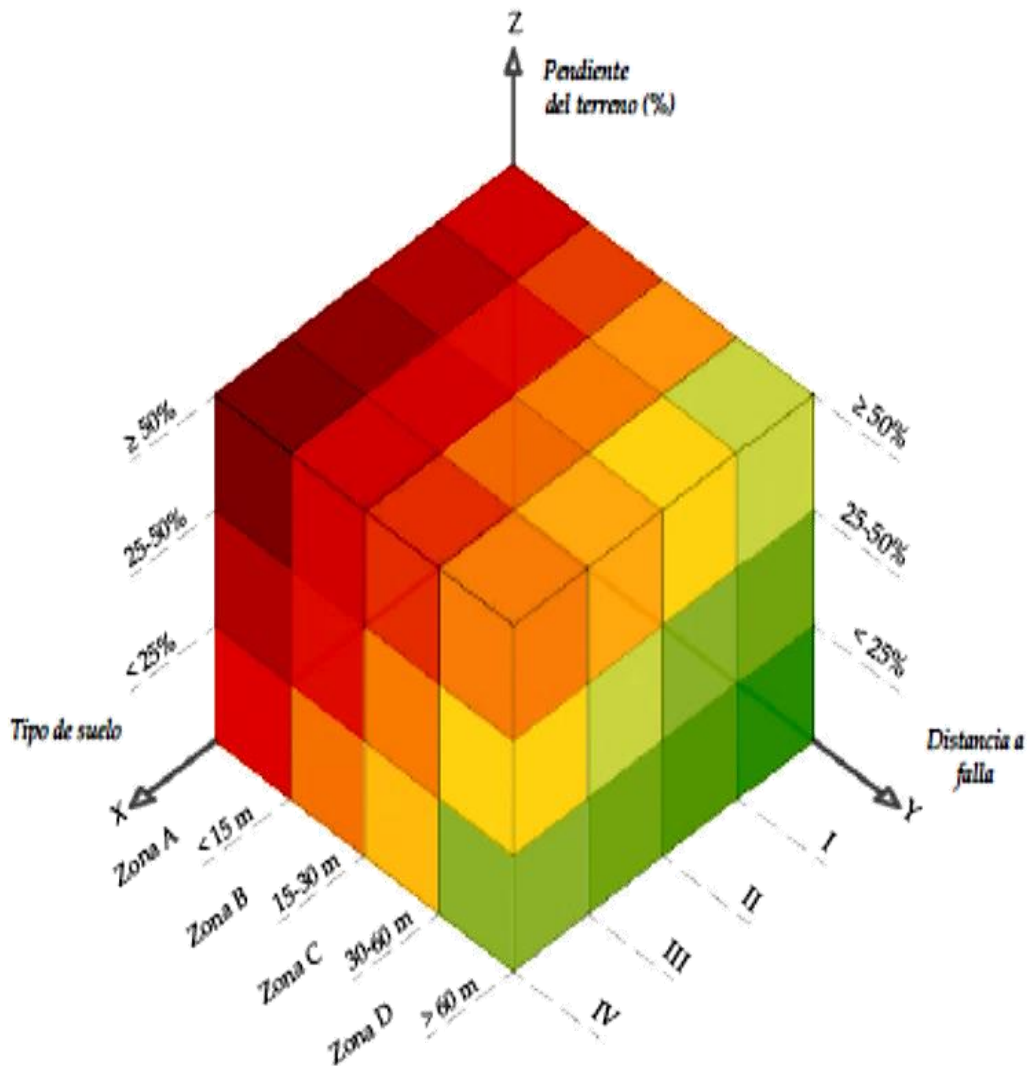


Figura 7.25. Representación tridimensional del modelo. Fuente: propia

Con esta simple gradación de color, se nos muestra en un solo vistazo, que zonas son más sensibles ante eventos sísmicos y cuales menos, a continuación, se muestran cada una de las zonas a modo individual.

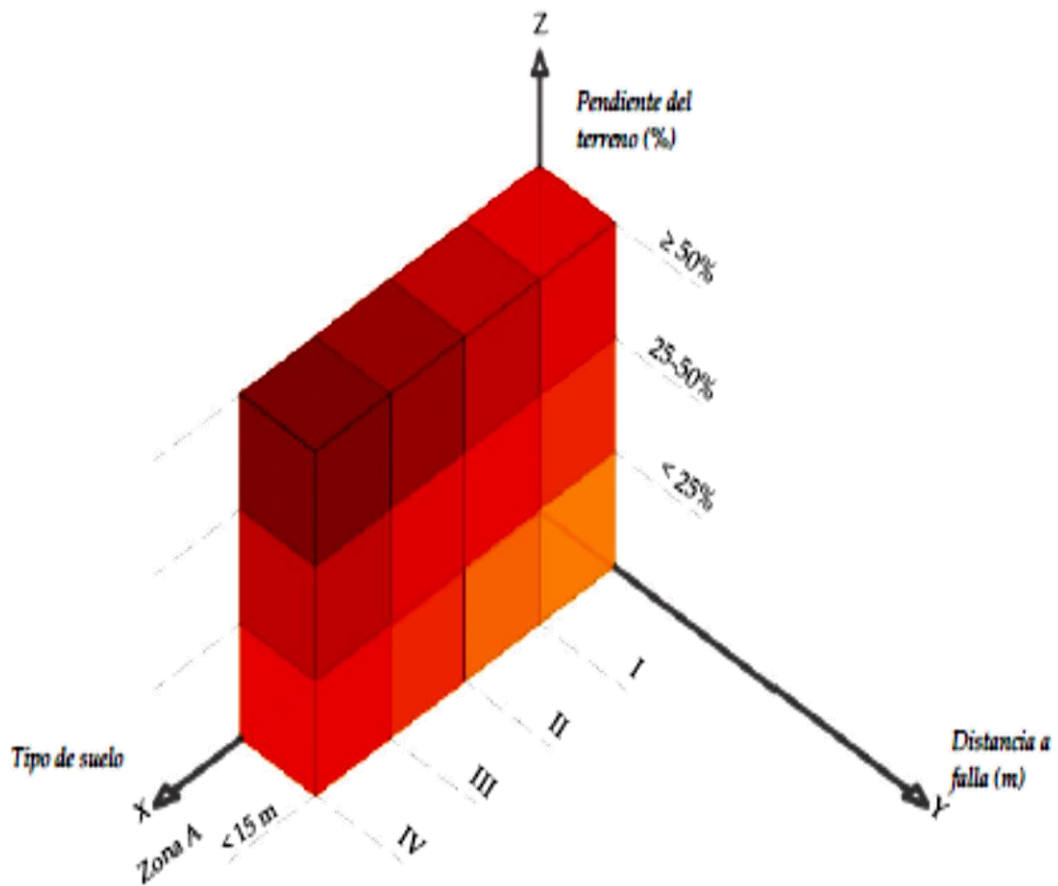
Zona A

Figura 7.26 Clasificación zona A. Fuente: propia

Zona B

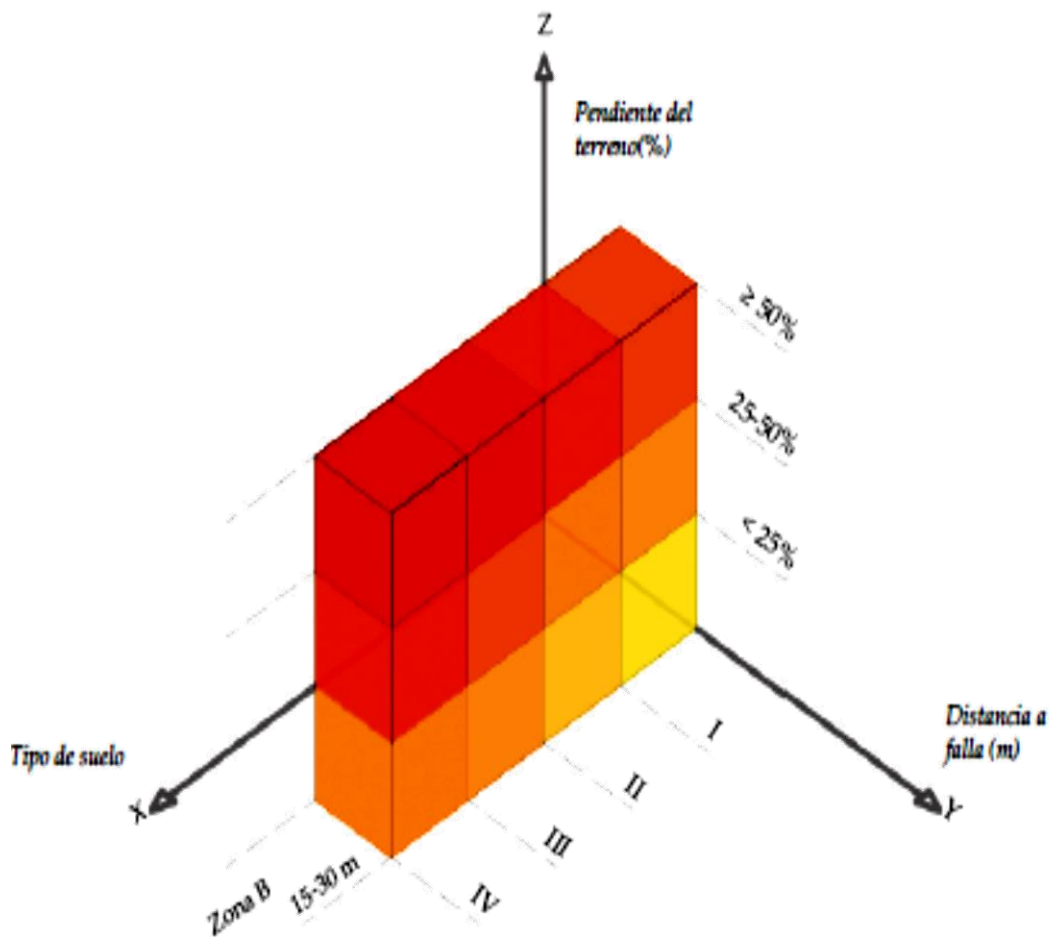


Figura 7.27 Clasificación zona B. Fuente: propia

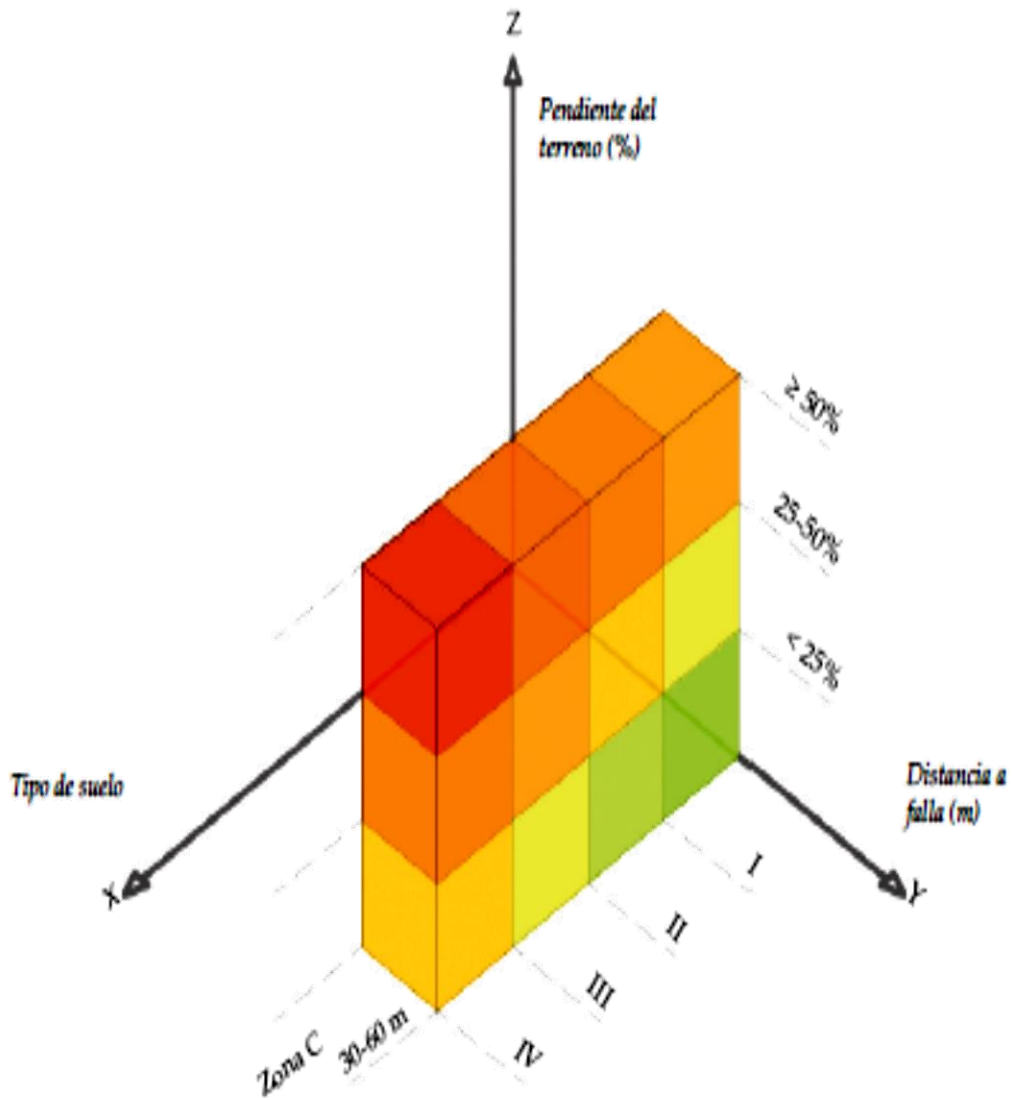
Zona C

Figura 7.28 Clasificación zona C. Fuente: propia.

Zona D

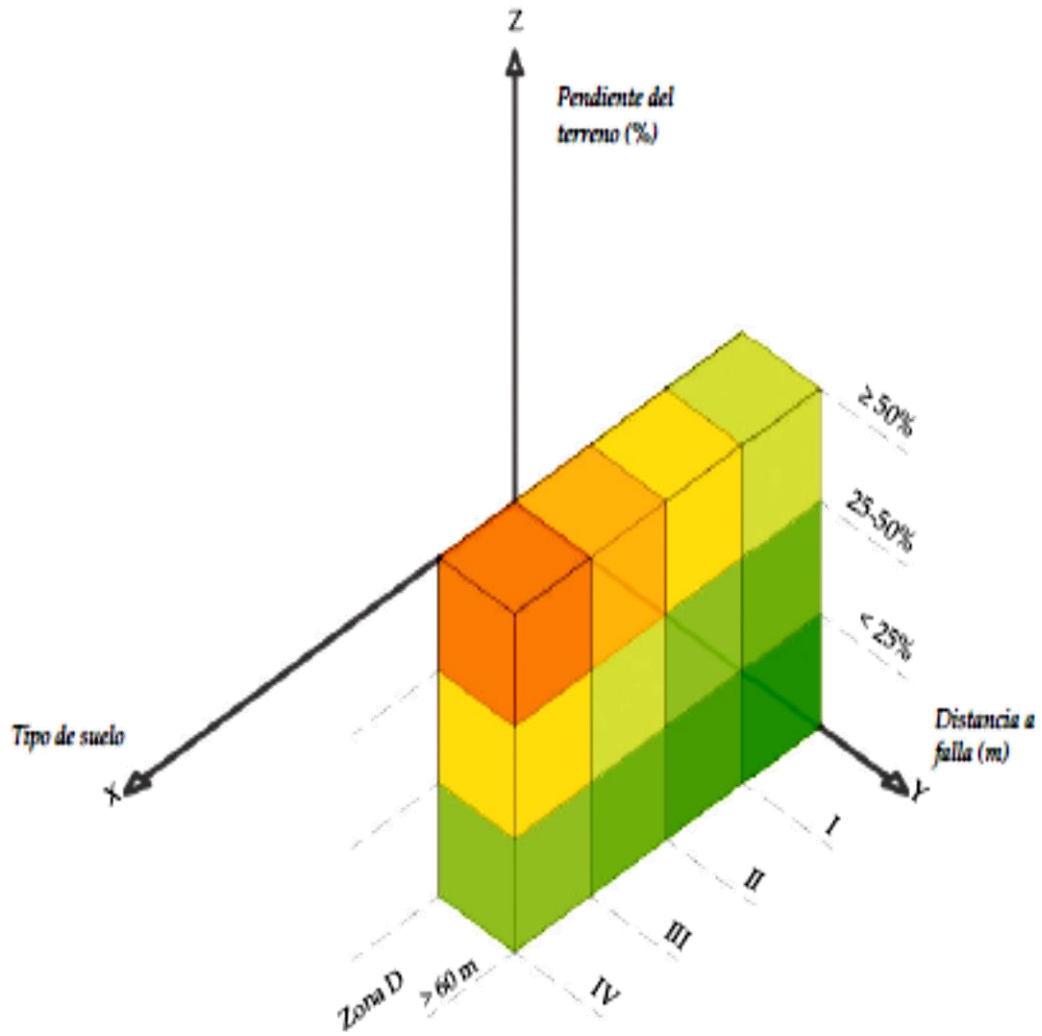


Figura 7.29 Clasificación zona D. Fuente: Propia.

Cada una de las zonas cuenta a la vez con unas subzonas, las cuales hemos catalogado en fichas, un total de 48 distintas, que mostraremos a posteriormente, la ficha tipo es la siguiente:

Zona AIP ₁	A	Distancia a la falla no superior a 15m
	I	Tipo suelo I
	P ₁	Pendiente del terreno no superior al 25%
Factores urbanísticos		Recomendaciones
Ancho del vial		
Alineación	A fachada	
	Retranqueada	
Posición del edificio en la manzana	Aislada	
	Medianera	
	Esquina	
	Terminal	
Forma de la parcela	Regular	
	Irregular	
Forma de la manzana	Manzana compacta	
	Manzana cerrada	
	Bloque exento	
	Bloque agrupado	
Ocupación		
Edificabilidad		
Separación entre edificaciones		
Altura cornisa		
Altura entre plantas		
Número de plantas		
Equipamientos		
Zonas verdes/Espacios libres		
% Espacios libres.		
Observaciones		

Las fichas de definen del siguiente modo:

En la primera celda se nombra cada zona del siguiente modo, la primera letra indica, la distancia a una falla activa, que como se comentó al principio de este apartado se divide en cuatro subzonas, siendo estas A,B,C,D, en cada una de ellas presenta una distancia determinada a la falla, la segunda indica el tipo de suelo, el cual se encuentra clasificado según la NSCE-02, definido anteriormente, y la última indica la pendiente del terreno, la cual se ha dividido en tres intervalos como se explica al principio del apartado 7.9, esto define lo que se puede denominar encabezado de las fichas, después se divide en dos columnas principales, en la primera columna nos encontramos con los factores urbanísticos que se han considerado más relevantes, tras el análisis exhaustivo, de un elevado número de publicaciones y estudios anteriores, dichos factores son los relacionados con:

- El Vial
 - Ancho del vial
- La Manzana
 - Forma de la manzana
- La Parcela
 - La posición del edificio
 - Las alineaciones: A fachada o Retranqueada
 - Forma de la parcela
 - Separación entre edificaciones
- La Intensidad de edificación
 - Edificabilidad
- Volumen y Forma
 - Altura de cornisa
 - Altura entre plantas
 - Número de plantas

Todos y cada uno de estos parámetros se encuentran definidos en el apartado 7.4.

Sin descuidar otra parte importante del planeamiento como son los equipamientos y los sistemas generales de espacios libres., estos se definirán en

porcentaje, utilizando el método el cual nos da la relación existente entre los espacios libres...

Y en la segunda columna encontramos las recomendaciones para cada uno de ellos.

Fichas zona A

Zona AIP ₁	A	Distancia a la falla no superior a 15m
	I	Tipo suelo I
	P ₁	Pendiente del terreno no superior al 25%
Factores urbanísticos		Recomendaciones
Ancho del vial		Se recomienda anchos superiores 12m ⁽¹⁾
Alineación	A fachada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
	Retranqueada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
Posición del edificio en la manzana	Aislada	Si
	Medianera	Si
	Esquina	Si, reforzar la torsión
	Terminal	Si, reforzar la torsión
Forma de la parcela	Regular	Se recomienda, ya que se comporta mejor
	Irregular	No se recomienda
Forma de la manzana	Manzana compacta	Evitar, Apt.7.6.4
	Manzana cerrada	Evitar, Apt.7.6.4
	Bloque exento	Si
	Bloque agrupado	Si
Ocupación		Se recomienda no ocupar toda la parcela por posible diferencia de tipologías edificatorias. Apt.7.6.4
Edificabilidad		Se recomienda baja densidad
Separación entre edificaciones		se recomienda las separaciones establecidas en la tabla 7.17, según norma NCSE 02
Altura cornisa		Se recomienda evitar grandes vuelos y elementos salientes, Vuelos no superar 0,5m y en elementos salientes 0,20m.
Altura entre plantas		Se recomienda no superar 3 plantas véase tabla 7. 7 por incremento del periodo de vibración dominante
Número de plantas		Se recomienda evitar diferencias de altura con edificaciones colindantes y véase figura 7.6
Equipamientos		No se recomienda
Zonas verdes/Espacios libres		No se recomienda
% Espacios libres.		Superior al 30%, dependiendo de usos y densidad de viviendas
Observaciones		En estas zonas no se recomienda la ubicación de edificaciones de ningún tipo, recomendamos otro tipo de uso, como zonas verdes, parques, etc. Incluso evitar su ocupación, si los sismos de la zona históricamente presentan magnitudes elevadas

Zona AIP ₂	A	Distancia a la falla no superior a 15m
	I	Tipo suelo I
	P ₂	Pendiente del terreno entre el 25-50%
Factores urbanísticos		Recomendaciones
Ancho del vial		Se recomienda anchos superiores 12m
Alineación	A fachada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
	Retranqueada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
Posición del edificio en la manzana	Aislada	Si
	Medianera	Si
	Esquina	Si, reforzar la torsión
	Terminal	Si, reforzar la torsión
Forma de la parcela	Regular	Se recomienda, ya que se comporta mejor
	Irregular	No se recomienda
Forma de la manzana	Manzana compacta	Evitar, Apt.7.6.4
	Manzana cerrada	Evitar, Apt.7.6.4
	Bloque exento	Si
	Bloque agrupado	Si
Ocupación		Se recomienda no ocupar toda la parcela por posible diferencia de tipologías edificatorias. Apt.7.6.4
Edificabilidad		Se recomienda baja densidad
Separación entre edificaciones		se recomienda las separaciones establecidas en la tabla 7.17, según norma NCSE 02
Altura cornisa		Se recomienda evitar grandes vuelos y elementos salientes, Vuelos no superar 0,5m y en elementos salientes 0,20m.
Altura entre plantas		Se recomienda no superar 3 plantas véase tabla 7. 7 por incremento del periodo de vibración dominante
Número de plantas		Se recomienda evitar diferencias de altura con edificaciones colindantes y véase figura 7.6
Equipamientos		No se recomienda
Zonas verdes/Espacios libres		No se recomienda
% Espacios libres.		Superior al 30%, dependiendo de usos y densidad de viviendas
Observaciones		En estas zonas no se recomienda la ubicación de edificaciones de ningún tipo, recomendamos otro tipo de uso, como zonas verdes, parques, etc. Incluso evitar su ocupación, si los sismos de la zona históricamente presentan magnitudes elevadas

Zona AIP ₃	A	Distancia a la falla no superior a 15m
	I	Tipo suelo I
	P ₂	Pendiente del terreno entre el 50%
Factores urbanísticos		Recomendaciones
Ancho del vial		Se recomienda anchos superiores 12m
Alineación	A fachada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
	Retranqueada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
Posición del edificio en la manzana	Aislada	Si
	Medianera	Si
	Esquina	Si, reforzar la torsión
	Terminal	Si, reforzar la torsión
Forma de la parcela	Regular	Se recomienda, ya que se comporta mejor
	Irregular	No se recomienda
Forma de la manzana	Manzana compacta	Evitar, Apt.7.6.4
	Manzana cerrada	Evitar, Apt.7.6.4
	Bloque exento	Si
	Bloque agrupado	Si
Ocupación		Se recomienda no ocupar toda la parcela por posible diferencia de tipologías edificatorias. Apt.7.6.4
Edificabilidad		Se recomienda baja densidad
Separación entre edificaciones		se recomienda las separaciones establecidas en la tabla 7.17 según norma NCSE 02
Altura cornisa		Se recomienda evitar grandes vuelos y elementos salientes, Vuelos no superar 0,5m y en elementos salientes 0,20m.
Altura entre plantas		Se recomienda no superar 3 plantas véase tabla 7. 7 por incremento del periodo de vibración dominante
Número de plantas		Se recomienda evitar diferencias de altura con edificaciones colindantes y véase figura 7.6
Equipamientos		No se recomienda
Zonas verdes/Espacios libres		No se recomienda
% Espacios libres.		Superior al 30%, dependiendo de usos y densidad de viviendas
Observaciones		En estas zonas no se recomienda la ubicación de edificaciones de ningún tipo, recomendamos otro tipo de uso, como zonas verdes, parques, etc. Incluso evitar su ocupación, si los sismos de la zona históricamente presentan magnitudes elevadas

Zona AIPP ₁	A	Distancia a la falla no superior a 15m
	II	Tipo suelo II
	P ₁	Pendiente del terreno no superior al 25%
Factores urbanísticos		Recomendaciones
Ancho del vial		Se recomienda anchos superiores 12m
Alineación	A fachada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
	Retranqueada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
Posición del edificio en la manzana	Aislada	Si
	Medianera	Si
	Esquina	Si, reforzar la torsión
	Terminal	Si, reforzar la torsión
Forma de la parcela	Regular	Se recomienda, ya que se comporta mejor
	Irregular	No se recomienda
Forma de la manzana	Manzana compacta	Evitar, Apt.7.6.4
	Manzana cerrada	Evitar, Apt.7.6.4
	Bloque exento	Si
	Bloque agrupado	Si
Ocupación		Se recomienda no ocupar toda la parcela por posible diferencia de tipologías edificatorias. Apt.7.6.4
Edificabilidad		Se recomienda baja densidad
Separación entre edificaciones		se recomienda las separaciones establecidas en la tabla 7.17
Altura cornisa		Se recomienda evitar grandes vuelos y elementos salientes, Vuelos no superar 0,5m y en elementos salientes 0,20m.
Altura entre plantas		Se recomienda no superar 3 plantas véase tabla 7. 7 por incremento del periodo de vibración dominante
Número de plantas		Se recomienda evitar diferencias de altura con edificaciones colindantes y véase figura 7.6
Equipamientos		No se recomienda
Zonas verdes/Espacios libres		No se recomienda
% Espacios libres.		Superior al 30%, dependiendo de usos y densidad de viviendas
Observaciones		En estas zonas no se recomienda la ubicación de edificaciones de ningún tipo, recomendamos otro tipo de uso, como zonas verdes, parques, etc. Incluso evitar su ocupación, si los sismos de la zona históricamente presentan magnitudes elevadas

Zona AIPP ₂	A	Distancia a la falla no superior a 15m
	II	Tipo suelo II
	P ₂	Pendiente del terreno entre el 25-50%
Factores urbanísticos		Recomendaciones
Ancho del vial		Se recomienda anchos superiores 12m
Alineación	A fachada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
	Retranqueada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
Posición del edificio en la manzana	Aislada	Si
	Medianera	Si
	Esquina	Si, reforzar la torsión
	Terminal	Si, reforzar la torsión
Forma de la parcela	Regular	Se recomienda, ya que se comporta mejor
	Irregular	No se recomienda
Forma de la manzana	Manzana compacta	Evitar, Apt.7.6.4
	Manzana cerrada	Evitar, Apt.7.6.4
	Bloque exento	Si
	Bloque agrupado	Si
Ocupación		Se recomienda no ocupar toda la parcela por posible diferencia de tipologías edificatorias. Apt.7.6.4
Edificabilidad		Se recomienda baja densidad
Separación entre edificaciones		se recomienda las separaciones establecidas en la tabla 7.17 según norma NCSE 02
Altura cornisa		Se recomienda evitar grandes vuelos y elementos salientes, Vuelos no superar 0,5m y en elementos salientes 0,20m.
Altura entre plantas		Se recomienda no superar 3 plantas véase tabla 7. 7 por incremento del periodo de vibración dominante
Número de plantas		Se recomienda evitar diferencias de altura con edificaciones colindantes y véase figura 7.6
Equipamientos		No se recomienda
Zonas verdes/Espacios libres		No se recomienda
% Espacios libres.		Superior al 30%, dependiendo de usos y densidad de viviendas
Observaciones		En estas zonas no se recomienda la ubicación de edificaciones de ningún tipo, recomendamos otro tipo de uso, como zonas verdes, parques, etc. Incluso evitar su ocupación, si los sismos de la zona históricamente presentan magnitudes elevadas

Zona AIP ₃	A	Distancia a la falla no superior a 15m
	II	Tipo suelo II
	P ₂	Pendiente del terreno superior al 50%
Factores urbanísticos		Recomendaciones
Ancho del vial		Se recomienda anchos superiores 12m
Alineación	A fachada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
	Retranqueada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
Posición del edificio en la manzana	Aislada	Si
	Medianera	Si
	Esquina	Si, reforzar la torsión
	Terminal	Si, reforzar la torsión
Forma de la parcela	Regular	Se recomienda, ya que se comporta mejor
	Irregular	No se recomienda
Forma de la manzana	Manzana compacta	Evitar, Apt.7.6.4
	Manzana cerrada	Evitar, Apt.7.6.4
	Bloque exento	Si
	Bloque agrupado	Si
Ocupación		Se recomienda no ocupar toda la parcela por posible diferencia de tipologías edificatorias. Apt.7.6.4
Edificabilidad		Se recomienda baja densidad
Separación entre edificaciones		se recomienda las separaciones establecidas en la tabla 7.17, según norma NCSE 02
Altura cornisa		Se recomienda evitar grandes vuelos y elementos salientes, Vuelos no superar 0,5m y en elementos salientes 0,20m.
Altura entre plantas		Se recomienda no superar 3 plantas véase tabla 7. 7 por incremento del periodo de vibración dominante
Número de plantas		Se recomienda evitar diferencias de altura con edificaciones colindantes y véase figura 7.6
Equipamientos		No se recomienda
Zonas verdes/Espacios libres		No se recomienda
% Espacios libres.		Superior al 30%, dependiendo de usos y densidad de viviendas
Observaciones		En estas zonas no se recomienda la ubicación de edificaciones de ningún tipo, recomendamos otro tipo de uso, como zonas verdes, parques, etc. Incluso evitar su ocupación, si los sismos de la zona históricamente presentan magnitudes elevadas

Zona AIII _{P1}	A	Distancia a la falla no superior a 15m
	III	Tipo suelo III
	P ₁	Pendiente del terreno no superior al 25%
Factores urbanísticos		Recomendaciones
Ancho del vial		Se recomienda anchos superiores 12m
Alineación	A fachada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
	Retranqueada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
Posición del edificio en la manzana	Aislada	Si
	Medianera	Si
	Esquina	Si, reforzar la torsión
	Terminal	Si, reforzar la torsión
Forma de la parcela	Regular	Se recomienda, ya que se comporta mejor
	Irregular	No se recomienda
Forma de la manzana	Manzana compacta	Evitar, Apt.7.6.4
	Manzana cerrada	Evitar, Apt.7.6.4
	Bloque exento	Si
	Bloque agrupado	Si
Ocupación		Se recomienda no ocupar toda la parcela por posible diferencia de tipologías edificatorias. Apt.7.6.4
Edificabilidad		Se recomienda baja densidad
Separación entre edificaciones		se recomienda las separaciones establecidas en la tabla 7.17 según norma NCSE 02
Altura cornisa		Se recomienda evitar grandes vuelos y elementos salientes, Vuelos no superar 0,5m y en elementos salientes 0,20m.
Altura entre plantas		Se recomienda no superar 3 plantas véase tabla 7. 7 por incremento del periodo de vibración dominante
Número de plantas		Se recomienda evitar diferencias de altura con edificaciones colindantes y véase figura 7.6
Equipamientos		No se recomienda
Zonas verdes/Espacios libres		No se recomienda
% Espacios libres.		Superior al 30%, dependiendo de usos y densidad de viviendas
Observaciones		En estas zonas no se recomienda la ubicación de edificaciones de ningún tipo, recomendamos otro tipo de uso, como zonas verdes, parques, etc. Incluso evitar su ocupación, si los sismos de la zona históricamente presentan magnitudes elevadas

Zona AIIIP ₂	A	Distancia a la falla no superior a 15m
	III	Tipo suelo III
	P ₂	Pendiente del terreno no superior al 25%
Factores urbanísticos		Recomendaciones
Ancho del vial		Se recomienda anchos superiores 12m
Alineación	A fachada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
	Retranqueada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
Posición del edificio en la manzana	Aislada	Si
	Medianera	Si
	Esquina	Si, reforzar la torsión
	Terminal	Si, reforzar la torsión
Forma de la parcela	Regular	Se recomienda, ya que se comporta mejor
	Irregular	No se recomienda
Forma de la manzana	Manzana compacta	Evitar, Apt.7.6.4
	Manzana cerrada	Evitar, Apt.7.6.4
	Bloque exento	Si
	Bloque agrupado	Si
Ocupación		Se recomienda no ocupar toda la parcela por posible diferencia de tipologías edificatorias. Apt.7.6.4
Edificabilidad		Se recomienda baja densidad
Separación entre edificaciones		se recomienda las separaciones establecidas en la tabla 7.17 según norma NCSE 02
Altura cornisa		Se recomienda evitar grandes vuelos y elementos salientes, Vuelos no superar 0,5m y en elementos salientes 0,20m.
Altura entre plantas		Se recomienda no superar 3 plantas véase tabla 7. 7 por incremento del periodo de vibración dominante
Número de plantas		Se recomienda evitar diferencias de altura con edificaciones colindantes y véase figura 7.6
Equipamientos		No se recomienda
Zonas verdes/Espacios libres		No se recomienda
% Espacios libres.		Superior al 30%, dependiendo de usos y densidad de viviendas
Observaciones		En estas zonas no se recomienda la ubicación de edificaciones de ningún tipo, recomendamos otro tipo de uso, como zonas verdes, parques, etc. Incluso evitar su ocupación, si los sismos de la zona históricamente presentan magnitudes elevadas

Zona AIIIIP ₃	A	Distancia a la falla no superior a 15m
	III	Tipo suelo III
	P ₁	Pendiente del terreno superior al 50%
Factores urbanísticos		Recomendaciones
Ancho del vial		Se recomienda anchos superiores 12m
Alineación	A fachada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
	Retranqueada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
Posición del edificio en la manzana	Aislada	Si
	Medianera	Si
	Esquina	Si, reforzar la torsión
	Terminal	Si, reforzar la torsión
Forma de la parcela	Regular	Se recomienda, ya que se comporta mejor
	Irregular	No se recomienda
Forma de la manzana	Manzana compacta	Evitar, Apt.7.6.4
	Manzana cerrada	Evitar, Apt.7.6.4
	Bloque exento	Si
	Bloque agrupado	Si
Ocupación		Se recomienda no ocupar toda la parcela por posible diferencia de tipologías edificatorias. Apt.7.6.4
Edificabilidad		Se recomienda densidad baja
Separación entre edificaciones		se recomienda las separaciones establecidas en la tabla 7.17 según norma NCSE 02
Altura cornisa		Se recomienda evitar grandes vuelos y elementos salientes, Vuelos no superar 0,5m y en elementos salientes 0,20m.
Altura entre plantas		Se recomienda no superar 3 plantas véase tabla 7. 7 por incremento del periodo de vibración dominante
Número de plantas		Se recomienda evitar diferencias de altura con edificaciones colindantes y véase figura 7.6
Equipamientos		No se recomienda
Zonas verdes/Espacios libres		No se recomienda
% Espacios libres.		Superior al 30%, dependiendo de usos y densidad de viviendas
Observaciones		En estas zonas no se recomienda la ubicación de edificaciones de ningún tipo, recomendamos otro tipo de uso, como zonas verdes, parques, etc. Incluso evitar su ocupación, si los sismos de la zona históricamente presentan magnitudes elevadas

Zona AIVP ₁	A	Distancia a la falla no superior a 15m
	IV	Tipo suelo IV
	P ₁	Pendiente del terreno no superior al 25%
Factores urbanísticos		Recomendaciones
Ancho del vial		Se recomienda anchos superiores 12m
Alineación	A fachada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
	Retranqueada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
Posición del edificio en la manzana	Aislada	Si
	Medianera	Si
	Esquina	Si, reforzar la torsión
	Terminal	Si, reforzar la torsión
Forma de la parcela	Regular	Se recomienda, ya que se comporta mejor
	Irregular	No se recomienda
Forma de la manzana	Manzana compacta	Evitar, Apt.7.6.4
	Manzana cerrada	Evitar, Apt.7.6.4
	Bloque exento	Si
	Bloque agrupado	Si
Ocupación		Se recomienda no ocupar toda la parcela por posible diferencia de tipologías edificatorias. Apt.7.6.4
Edificabilidad		Se recomienda densidad baja
Separación entre edificaciones		se recomienda las separaciones establecidas en la tabla 7.17, según norma NCSE 02
Altura cornisa		Se recomienda evitar grandes vuelos y elementos salientes, Vuelos no superar 0,5m y en elementos salientes 0,20m.
Altura entre plantas		Se recomienda no superar 3 plantas véase tabla 7. 7 por incremento del periodo de vibración dominante
Número de plantas		Se recomienda evitar diferencias de altura con edificaciones colindantes y véase figura 7.6
Equipamientos		No se recomienda
Zonas verdes/Espacios libres		No se recomienda
% Espacios libres.		Superior al 30%, dependiendo de usos y densidad de viviendas
Observaciones		En estas zonas no se recomienda la ubicación de edificaciones de ningún tipo, recomendamos otro tipo de uso, como zonas verdes, parques, etc. Incluso evitar su ocupación, si los sismos de la zona históricamente presentan magnitudes elevadas

Zona AIVP ₂	A	Distancia a la falla no superior a 15m
	IV	Tipo suelo IV
	P ₂	Pendiente del terreno entre el 25-50%
Factores urbanísticos		Recomendaciones
Ancho del vial		Se recomienda anchos superiores 12m
Alineación	A fachada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
	Retranqueada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
Posición del edificio en la manzana	Aislada	Si
	Medianera	Si
	Esquina	Si, reforzar la torsión
	Terminal	Si, reforzar la torsión
Forma de la parcela	Regular	Se recomienda, ya que se comporta mejor
	Irregular	No se recomienda
Forma de la manzana	Manzana compacta	Evitar, Apt.7.6.4
	Manzana cerrada	Evitar, Apt.7.6.4
	Bloque exento	Si
	Bloque agrupado	Si
Ocupación		Se recomienda no ocupar toda la parcela por posible diferencia de tipologías edificatorias. Apt.7.6.4
Edificabilidad		Se recomienda densidad baja
Separación entre edificaciones		se recomienda las separaciones establecidas en la tabla 7.17, según norma NCSE 02
Altura cornisa		Se recomienda evitar grandes vuelos y elementos salientes, Vuelos no superar 0,5m y en elementos salientes 0,20m.
Altura entre plantas		Se recomienda no superar 3 plantas véase tabla 7. 7 por incremento del periodo de vibración dominante
Número de plantas		Se recomienda evitar diferencias de altura con edificaciones colindantes y véase figura 7.6
Equipamientos		No se recomienda
Zonas verdes/Espacios libres		No se recomienda
% Espacios libres.		Superior al 30%, dependiendo de usos y densidad de viviendas
Observaciones		En estas zonas no se recomienda la ubicación de edificaciones de ningún tipo, recomendamos otro tipo de uso, como zonas verdes, parques, etc. Incluso evitar su ocupación, si los sismos de la zona históricamente presentan magnitudes elevadas

Zona AIVP ₃	A	Distancia a la falla no superior a 15m
	IV	Tipo suelo IV
	P ₃	Pendiente del terreno superior al 50%
Factores urbanísticos		Recomendaciones
Ancho del vial		Se recomienda anchos superiores 12m
Alineación	A fachada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
	Retranqueada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
Posición del edificio en la manzana	Aislada	Si
	Medianera	Si
	Esquina	Si, reforzar la torsión
	Terminal	Si, reforzar la torsión
Forma de la parcela	Regular	Se recomienda, ya que se comporta mejor
	Irregular	No se recomienda
Forma de la manzana	Manzana compacta	Evitar, Apt.7.6.4
	Manzana cerrada	Evitar, Apt.7.6.4
	Bloque exento	Si
	Bloque agrupado	Si
Ocupación		Se recomienda no ocupar toda la parcela por posible diferencia de tipologías edificatorias. Apt.7.6.4
Edificabilidad		Se recomienda densidad baja
Separación entre edificaciones		se recomienda las separaciones establecidas en la tabla 7.17, según norma NCSE 02
Altura cornisa		Se recomienda evitar grandes vuelos y elementos salientes, Vuelos no superar 0,5m y en elementos salientes 0,20m.
Altura entre plantas		Se recomienda no superar 3 plantas véase tabla 7. 7 por incremento del periodo de vibración dominante
Número de plantas		Se recomienda evitar diferencias de altura con edificaciones colindantes y véase figura 7.6
Equipamientos		No se recomienda
Zonas verdes/Espacios libres		No se recomienda
% Espacios libres.		Superior al 30%, dependiendo de usos y densidad de viviendas
Observaciones		En estas zonas no se recomienda la ubicación de edificaciones de ningún tipo, recomendamos otro tipo de uso, como zonas verdes, parques, etc. Incluso evitar su ocupación, si los sismos de la zona históricamente presentan magnitudes elevadas

Fichas zona B

Zona BIP₁	B	Distancia a la falla entre 15 -30m
	I	Tipo suelo I
	P ₁	Pendiente del terreno no superior al 25%
Factores urbanísticos		Recomendaciones
Ancho del vial		Se recomienda anchos superiores 12m
Alineación	A fachada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
	Retranqueada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
Posición del edificio en la manzana	Aislada	Si
	Medianera	Si
	Esquina	Si, reforzar la torsión
	Terminal	Si, reforzar la torsión
Forma de la parcela	Regular	Se recomienda, ya que se comporta mejor
	Irregular	No se recomienda
Forma de la manzana	Manzana compacta	Evitar, Apt.7.6.4
	Manzana cerrada	Evitar, Apt.7.6.4
	Bloque exento	Si
	Bloque agrupado	Si
Ocupación		Se recomienda no ocupar toda la parcela por posible diferencia de tipologías edificatorias. Apt.7.6.4
Edificabilidad		Se recomienda densidad baja, se permite media
Separación entre edificaciones		se recomienda las separaciones establecidas en la tabla 7.17, según norma NCSE 02
Altura cornisa		No se establecen limitaciones, se recomienda evitar grandes vuelos y elementos salientes, Vuelos no superar 0,5m y en elementos salientes 0,20m.
Altura entre plantas		Se recomienda no superar 5 plantas véase tabla 7. 7 por incremento del periodo de vibración dominante
Número de plantas		Se recomienda evitar diferencias de altura con edificaciones colindantes y véase figura 7.6
Equipamientos		No se recomienda
Zonas verdes/Espacios libres		No se recomienda
% Espacios libres.		Superior al 20%, dependiendo de usos y densidad de viviendas
Observaciones		En estas zonas no se recomienda la ubicación de edificaciones de ningún tipo, recomendamos otro tipo de uso, como zonas verdes, parques, etc. Incluso evitar su ocupación, si los sismos de la zona históricamente presentan magnitudes elevadas

Zona BIP ₂	B	Distancia a la falla entre 15 -30m
	I	Tipo suelo I
	P ₂	Pendiente del terreno entre el 25-50%
Factores urbanísticos		Recomendaciones
Ancho del vial		Se recomienda anchos superiores 12m
Alineación	A fachada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
	Retranqueada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
Posición del edificio en la manzana	Aislada	Si
	Medianera	Si
	Esquina	Si, reforzar la torsión
	Terminal	Si, reforzar la torsión
Forma de la parcela	Regular	Se recomienda, ya que se comporta mejor
	Irregular	No se recomienda
Forma de la manzana	Manzana compacta	Evitar, Apt.7.6.4
	Manzana cerrada	Evitar, Apt.7.6.4
	Bloque exento	Si
	Bloque agrupado	Si
Ocupación		Se recomienda no ocupar toda la parcela por posible diferencia de tipologías edificatorias. Apt.7.6.4
Edificabilidad		Se recomienda densidad baja, se permite media
Separación entre edificaciones		se recomienda las separaciones establecidas en la tabla 7.17, según norma NCSE 02
Altura cornisa		No se establecen limitaciones, se recomienda evitar grandes vuelos y elementos salientes, Vuelos no superar 0,5m y en elementos salientes 0,20m.
Altura entre plantas		Se recomienda no superar 5 plantas véase tabla 7. 7 por incremento del periodo de vibración dominante
Número de plantas		Se recomienda evitar diferencias de altura con edificaciones colindantes y véase figura 7.6
Equipamientos		No se recomienda
Zonas verdes/Espacios libres		No se recomienda
% Espacios libres.		Superior al 20%, dependiendo de usos y densidad de viviendas
Observaciones		En estas zonas no se recomienda la ubicación de edificaciones de ningún tipo, recomendamos otro tipo de uso, como zonas verdes, parques, etc. Incluso evitar su ocupación, si los sismos de la zona históricamente presentan magnitudes elevadas

Zona BIP ₃	B	Distancia a la falla entre 15 -30m
	I	Tipo suelo I
	P ₃	Pendiente del terreno superior al 50%
Factores urbanísticos		Recomendaciones
Ancho del vial		Se recomienda anchos superiores 12m
Alineación	A fachada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
	Retranqueada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
Posición del edificio en la manzana	Aislada	Si
	Medianera	Si
	Esquina	Si, reforzar la torsión
	Terminal	Si, reforzar la torsión
Forma de la parcela	Regular	Se recomienda, ya que se comporta mejor
	Irregular	No se recomienda
Forma de la manzana	Manzana compacta	Evitar, Apt.7.6.4
	Manzana cerrada	Evitar, Apt.7.6.4
	Bloque exento	Si
	Bloque agrupado	Si
Ocupación		Se recomienda no ocupar toda la parcela por posible diferencia de tipologías edificatorias. Apt.7.6.4
Edificabilidad		Se recomienda densidad baja, se permite media
Separación entre edificaciones		se recomienda las separaciones establecidas en la tabla 7.17, según norma NCSE 02
Altura cornisa		No se establecen limitaciones, se recomienda evitar grandes vuelos y elementos salientes, Vuelos no superar 0,5m y en elementos salientes 0,20m.
Altura entre plantas		Se recomienda no superar 5 plantas véase tabla 7. 7 por incremento del periodo de vibración dominante
Número de plantas		Se recomienda evitar diferencias de altura con edificaciones colindantes y véase figura 7.6
Equipamientos		Si,
Zonas verdes/Espacios libres		Si
% Espacios libres.		Superior al 20%, dependiendo de usos y densidad de viviendas
Observaciones		En estas zonas no se recomienda la ubicación de edificaciones de ningún tipo, recomendamos otro tipo de uso, como zonas verdes, parques, etc. Incluso evitar su ocupación, si los sismos de la zona históricamente presentan magnitudes elevadas

Zona BIIP ₁	B	Distancia a la falla entre 15 -30m
	II	Tipo suelo II
	P ₁	Pendiente del terreno no superior al 25%
Factores urbanísticos		Recomendaciones
Ancho del vial		Se recomienda anchos superiores 12m
Alineación	A fachada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
	Retranqueada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
Posición del edificio en la manzana	Aislada	Si
	Medianera	Si
	Esquina	Si, reforzar la torsión
	Terminal	Si, reforzar la torsión
Forma de la parcela	Regular	Se recomienda, ya que se comporta mejor
	Irregular	No se recomienda
Forma de la manzana	Manzana compacta	Evitar, Apt.7.6.4
	Manzana cerrada	Evitar, Apt.7.6.4
	Bloque exento	Si
	Bloque agrupado	Si
Ocupación		Se recomienda no ocupar toda la parcela por posible diferencia de tipologías edificatorias. Apt.7.6.4
Edificabilidad		Se recomienda densidad baja, se permite media
Separación entre edificaciones		se recomienda las separaciones establecidas en la tabla 7.17 según norma NCSE 02
Altura cornisa		No se establecen limitaciones, se recomienda evitar grandes vuelos y elementos salientes, Vuelos no superar 0,5m y en elementos salientes 0,20m.
Altura entre plantas		Se recomienda no superar 5 plantas véase tabla 7. 7 por incremento del periodo de vibración dominante
Número de plantas		Se recomienda evitar diferencias de altura con edificaciones colindantes y véase figura 7.6
Equipamientos		Si,
Zonas verdes/Espacios libres		Si
% Espacios libres.		Superior al 20%, dependiendo de usos y densidad de viviendas
Observaciones		En estas zonas no se recomienda la ubicación de edificaciones de ningún tipo, recomendamos otro tipo de uso, como zonas verdes, parques, etc. Incluso evitar su ocupación, si los sismos de la zona históricamente presentan magnitudes elevadas

Zona BIIP ₂	B	Distancia a la falla entre 15 -30m
	II	Tipo suelo II
	P ₂	Pendiente del terreno entre 25-50%
Factores urbanísticos		Recomendaciones
Ancho del vial		Se recomienda anchos superiores 12m
Alineación	A fachada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
	Retranqueada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
Posición del edificio en la manzana	Aislada	Si
	Medianera	Si
	Esquina	Si, reforzar la torsión
	Terminal	Si, reforzar la torsión
Forma de la parcela	Regular	Se recomienda, ya que se comporta mejor
	Irregular	No se recomienda
Forma de la manzana	Manzana compacta	Evitar, Apt.7.6.4
	Manzana cerrada	Evitar, Apt.7.6.4
	Bloque exento	Si
	Bloque agrupado	Si
Ocupación		Se recomienda no ocupar toda la parcela por posible diferencia de tipologías edificatorias. Apt.7.6.4
Edificabilidad		Se recomienda densidad baja, se permite media
Separación entre edificaciones		se recomienda las separaciones establecidas en la tabla 7.17 según norma NCSE 02
Altura cornisa		No se establecen limitaciones, se recomienda evitar grandes vuelos y elementos salientes, Vuelos no superar 0,5m y en elementos salientes 0,20m.
Altura entre plantas		Se recomienda no superar 5 plantas véase tabla 7. 7 por incremento del periodo de vibración dominante
Número de plantas		Se recomienda evitar diferencias de altura con edificaciones colindantes y véase figura 7.6
Equipamientos		Si,
Zonas verdes/Espacios libres		Si
% Espacios libres.		Superior al 20%, dependiendo de usos y densidad de viviendas
Observaciones		En estas zonas no se recomienda la ubicación de edificaciones de ningún tipo, recomendamos otro tipo de uso, como zonas verdes, parques, etc. Incluso evitar su ocupación, si los sismos de la zona históricamente presentan magnitudes elevadas

Zona BIIP ₃	B	Distancia a la falla entre 15 -30m
	II	Tipo suelo II
	P ₃	Pendiente del terreno superior al 50%
Factores urbanísticos		Recomendaciones
Ancho del vial		Se recomienda anchos superiores 12m
Alineación	A fachada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
	Retranqueada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
Posición del edificio en la manzana	Aislada	Si
	Medianera	Si
	Esquina	Si, reforzar la torsión
	Terminal	Si, reforzar la torsión
Forma de la parcela	Regular	Se recomienda, ya que se comporta mejor
	Irregular	No se recomienda
Forma de la manzana	Manzana compacta	Evitar, Apt.7.6.4
	Manzana cerrada	Evitar, Apt.7.6.4
	Bloque exento	Si
	Bloque agrupado	Si
Ocupación		Se recomienda no ocupar toda la parcela por posible diferencia de tipologías edificatorias. Apt.7.6.4
Edificabilidad		Se recomienda densidad baja, se permite media
Separación entre edificaciones		Se recomienda las separaciones establecidas en la tabla 7.17, según norma NCSE 02
Altura cornisa		No se establecen limitaciones, se recomienda evitar grandes vuelos y elementos salientes, Vuelos no superar 0,5m y en elementos salientes 0,20m.
Altura entre plantas		Se recomienda no superar 5 plantas véase tabla 7. 7 por incremento del periodo de vibración dominante
Número de plantas		Se recomienda evitar diferencias de altura con edificaciones colindantes y véase figura 7.6
Equipamientos		Si,
Zonas verdes/Espacios libres		Si
% Espacios libres.		Superior al 20%, dependiendo de usos y densidad de viviendas
Observaciones		En estas zonas no se recomienda la ubicación de edificaciones de ningún tipo, recomendamos otro tipo de uso, como zonas verdes, parques, etc. Incluso evitar su ocupación, si los sismos de la zona históricamente presentan magnitudes elevadas

Zona BIIP ₁	B	Distancia a la falla entre 15 -30m
	III	Tipo suelo III
	P ₁	Pendiente del terreno no superior al 25%
Factores urbanísticos		Recomendaciones
Ancho del vial		Se recomienda anchos superiores 12m
Alineación	A fachada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
	Retranqueada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
Posición del edificio en la manzana	Aislada	Si
	Medianera	Si
	Esquina	Si, reforzar la torsión
	Terminal	Si, reforzar la torsión
Forma de la parcela	Regular	Se recomienda, ya que se comporta mejor
	Irregular	No se recomienda
Forma de la manzana	Manzana compacta	Evitar, Apt.7.6.4
	Manzana cerrada	Evitar, Apt.7.6.4
	Bloque exento	Si
	Bloque agrupado	Si
Ocupación		Se recomienda no ocupar toda la parcela por posible diferencia de tipologías edificatorias. Apt.7.6.4
Edificabilidad		Se recomienda densidad baja, se permite media
Separación entre edificaciones		Se recomienda las separaciones establecidas en la tabla 7.17 según norma NCSE 02
Altura cornisa		No se establecen limitaciones, se recomienda evitar grandes vuelos y elementos salientes, Vuelos no superar 0,5m y en elementos salientes 0,20m.
Altura entre plantas		Se recomienda no superar 5 plantas véase tabla 7. 7 por incremento del periodo de vibración dominante
Número de plantas		Se recomienda evitar diferencias de altura con edificaciones colindantes y véase figura 7.6
Equipamientos		Si,
Zonas verdes/Espacios libres		Si
% Espacios libres.		Superior al 20%, dependiendo de usos y densidad de viviendas
Observaciones		En estas zonas no se recomienda la ubicación de edificaciones de ningún tipo, recomendamos otro tipo de uso, como zonas verdes, parques, etc. Incluso evitar su ocupación, si los sismos de la zona históricamente presentan magnitudes elevadas

Zona BIIP ₂	B	Distancia a la falla entre 15 -30m
	III	Tipo suelo III
	P ₂	Pendiente del terreno entre 25-50%
Factores urbanísticos		Recomendaciones
Ancho del vial		Se recomienda anchos superiores 12m
Alineación	A fachada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
	Retranqueada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
Posición del edificio en la manzana	Aislada	Si
	Medianera	Si
	Esquina	Si, reforzar la torsión
	Terminal	Si, reforzar la torsión
Forma de la parcela	Regular	Se recomienda, ya que se comporta mejor
	Irregular	No se recomienda
Forma de la manzana	Manzana compacta	Evitar, Apt.7.6.4
	Manzana cerrada	Evitar, Apt.7.6.4
	Bloque exento	Si
	Bloque agrupado	Si
Ocupación		Se recomienda no ocupar toda la parcela por posible diferencia de tipologías edificatorias. Apt.7.6.4
Edificabilidad		Se recomienda densidad baja, se permite media
Separación entre edificaciones		Se recomienda las separaciones establecidas en la tabla 7.17, según norma NCSE 02
Altura cornisa		No se establecen limitaciones, se recomienda evitar grandes vuelos y elementos salientes, Vuelos no superar 0,5m y en elementos salientes 0,20m.
Altura entre plantas		Se recomienda no superar 5 plantas véase tabla 7. 7 por incremento del periodo de vibración dominante
Número de plantas		Se recomienda evitar diferencias de altura con edificaciones colindantes y véase figura 7.6
Equipamientos		Si,
Zonas verdes/Espacios libres		Si
% Espacios libres.		Superior al 20%, dependiendo de usos y densidad de viviendas
Observaciones		En estas zonas no se recomienda la ubicación de edificaciones de ningún tipo, recomendamos otro tipo de uso, como zonas verdes, parques, etc. Incluso evitar su ocupación, si los sismos de la zona históricamente presentan magnitudes elevadas

Zona BIIP ₃	B	Distancia a la falla entre 15 -30m
	III	Tipo suelo III
	P ₃	Pendiente del terreno superior al 50%
Factores urbanísticos		Recomendaciones
Ancho del vial		Se recomienda anchos superiores 12m
Alineación	A fachada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
	Retranqueada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
Posición del edificio en la manzana	Aislada	Si
	Medianera	Si
	Esquina	Si, reforzar la torsión
	Terminal	Si, reforzar la torsión
Forma de la parcela	Regular	Se recomienda, ya que se comporta mejor
	Irregular	No se recomienda
Forma de la manzana	Manzana compacta	Evitar, Apt.7.6.4
	Manzana cerrada	Evitar, Apt.7.6.4
	Bloque exento	Si
	Bloque agrupado	Si
Ocupación		Se recomienda no ocupar toda la parcela por posible diferencia de tipologías edificatorias. Apt.7.6.4
Edificabilidad		Se recomienda densidad baja, se permite media
Separación entre edificaciones		Se recomienda las separaciones establecidas en la tabla 7.17, según norma NCSE 02
Altura cornisa		No se establecen limitaciones, se recomienda evitar grandes vuelos y elementos salientes, Vuelos no superar 0,5m y en elementos salientes 0,20m. (*)
Altura entre plantas		Se recomienda no superar 5 plantas véase tabla 7. 7 por incremento del periodo de vibración dominante
Número de plantas		Se recomienda evitar diferencias de altura con edificaciones colindantes y véase figura 7.6
Equipamientos		Si,
Zonas verdes/Espacios libres		Si
% Espacios libres.		Superior al 20%, dependiendo de usos y densidad de viviendas
Observaciones		En estas zonas no se recomienda la ubicación de edificaciones de ningún tipo, recomendamos otro tipo de uso, como zonas verdes, parques, etc. Incluso evitar su ocupación, si los sismos de la zona históricamente presentan magnitudes elevadas

Zona BIVP ₁	B	Distancia a la falla entre 15 -30m
	IV	Tipo suelo IV
	P ₁	Pendiente del terreno no superior al 25%
Factores urbanísticos		Recomendaciones
Ancho del vial		Se recomienda anchos superiores 12m
Alineación	A fachada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
	Retranqueada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
Posición del edificio en la manzana	Aislada	Si
	Medianera	Si
	Esquina	Si, reforzar la torsión
	Terminal	Si, reforzar la torsión
Forma de la parcela	Regular	Se recomienda, ya que se comporta mejor
	Irregular	No se recomienda
Forma de la manzana	Manzana compacta	Evitar, Apt.7.6.4
	Manzana cerrada	Evitar, Apt.7.6.4
	Bloque exento	Si
	Bloque agrupado	Si
Ocupación		Se recomienda no ocupar toda la parcela por posible diferencia de tipologías edificatorias. Apt.7.6.4
Edificabilidad		Se recomienda densidad baja, se permite media
Separación entre edificaciones		Se recomienda las separaciones establecidas en la tabla 7.17, según norma NCSE 02
Altura cornisa		No se establecen limitaciones, se recomienda evitar grandes vuelos y elementos salientes, Vuelos no superar 0,5m y en elementos salientes 0,20m. (*)
Altura entre plantas		Se recomienda no superar 5 plantas véase tabla 7. 7 por incremento del periodo de vibración dominante
Número de plantas		Se recomienda evitar diferencias de altura con edificaciones colindantes y véase figura 7.6
Equipamientos		Si
Zonas verdes/Espacios libres		Si
% Espacios libres.		Superior al 20%, dependiendo de usos y densidad de viviendas
Observaciones		En estas zonas no se recomienda la ubicación de edificaciones de ningún tipo, recomendamos otro tipo de uso, como zonas verdes, parques, etc. Incluso evitar su ocupación, si los sismos de la zona históricamente presentan magnitudes elevadas

Zona BIVP ₂	B	Distancia a la falla entre 15 -30m
	IV	Tipo suelo IV
	P ₂	Pendiente del terreno entre 25-50%
Factores urbanísticos		Recomendaciones
Ancho del vial		Se recomienda anchos superiores 12m
Alineación	A fachada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
	Retranqueada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
Posición del edificio en la manzana	Aislada	Si
	Medianera	Si
	Esquina	Si, reforzar la torsión
	Terminal	Si, reforzar la torsión
Forma de la parcela	Regular	Se recomienda, ya que se comporta mejor
	Irregular	No se recomienda
Forma de la manzana	Manzana compacta	Evitar, Apt.7.6.4
	Manzana cerrada	Evitar, Apt.7.6.4
	Bloque exento	Si
	Bloque agrupado	Si
Ocupación		Se recomienda no ocupar toda la parcela por posible diferencia de tipologías edificatorias. Apt.7.6.4
Edificabilidad		Se recomienda densidad baja, se permite media
Separación entre edificaciones		Se recomienda las separaciones establecidas en la tabla 7.17, según norma NCSE 02
Altura cornisa		No se establecen limitaciones, se recomienda evitar grandes vuelos y elementos salientes, Vuelos no superar 0,5m y en elementos salientes 0,20m. (*)
Altura entre plantas		Se recomienda no superar 5 plantas véase tabla 7. 7 por incremento del periodo de vibración dominante
Número de plantas		Se recomienda evitar diferencias de altura con edificaciones colindantes y véase figura 7.6
Equipamientos		Si
Zonas verdes/Espacios libres		Si
% Espacios libres.		Superior al 20%, dependiendo de usos y densidad de viviendas
Observaciones		En estas zonas no se recomienda la ubicación de edificaciones de ningún tipo, recomendamos otro tipo de uso, como zonas verdes, parques, etc. Incluso evitar su ocupación, si los sismos de la zona históricamente presentan magnitudes elevadas

Zona BIVP ₃	B	Distancia a la falla entre 15 -30m
	IV	Tipo suelo IV
	P ₃	Pendiente del terreno superior al 50%
Factores urbanísticos		Recomendaciones
Ancho del vial		Se recomienda anchos superiores 12m
Alineación	A fachada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
	Retranqueada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
Posición del edificio en la manzana	Aislada	Si
	Medianera	Si
	Esquina	Si, reforzar la torsión
	Terminal	Si, reforzar la torsión
Forma de la parcela	Regular	Se recomienda, ya que se comporta mejor
	Irregular	No se recomienda, pero se permite
Forma de la manzana	Manzana compacta	Evitar, Apt.7.6.4
	Manzana cerrada	Evitar, Apt.7.6.4
	Bloque exento	Si
	Bloque agrupado	Si
Ocupación		Se recomienda no ocupar toda la parcela por posible diferencia de tipologías edificatorias. Apt.7.6.4
Edificabilidad		Se recomienda densidad baja, se permite media
Separación entre edificaciones		Se recomienda las separaciones establecidas en la tabla 7.17, según norma NCSE 02
Altura cornisa		No se establecen limitaciones, se recomienda evitar grandes vuelos y elementos salientes, Vuelos no superar 0,5m y en elementos salientes 0,20m. (*)
Altura entre plantas		Se recomienda no superar 5 plantas véase tabla 7. 7 por incremento del periodo de vibración dominante
Número de plantas		Se recomienda evitar diferencias de altura con edificaciones colindantes y véase figura 7.6
Equipamientos		Si
Zonas verdes/Espacios libres		Si
% Espacios libres.		Superior al 20%, dependiendo de usos y densidad de viviendas
Observaciones		En estas zonas no se recomienda la ubicación de edificaciones de ningún tipo, recomendamos otro tipo de uso, como zonas verdes, parques, etc. Incluso evitar su ocupación, si los sismos de la zona históricamente presentan magnitudes elevadas

Fichas zona C

Zona CIP₁	C	Distancia a la falla entre 30-60m
	I	Tipo suelo I
	P ₁	Pendiente no superior al 25%
Factores urbanísticos		Recomendaciones
Ancho del vial		Se recomienda anchos superiores 12m
Alineación	A fachada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
	Retranqueada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
Posición del edificio en la manzana	Aislada	Si
	Medianera	Si
	Esquina	Si, reforzar la torsión
	Terminal	Si, reforzar la torsión
Forma de la parcela	Regular	Se recomienda, ya que se comporta mejor
	Irregular	No se recomienda, pero se permite
Forma de la manzana	Manzana compacta	Si
	Manzana cerrada	Si
	Bloque exento	Si
	Bloque agrupado	Si
Ocupación		No se establece limitación
Edificabilidad		Se recomienda densidad media, incluso se admite alta
Separación entre edificaciones		Se recomienda las separaciones establecidas en la tabla 7.17, según norma NCSE 02
Altura cornisa		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes, y se recomienda considerar
Altura entre plantas		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes.
Número de plantas		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes. Se recomienda evitar diferencias de altura con edificaciones colindantes y véase figura 7.6
Equipamientos		Si
Zonas verdes/Espacios libres		Si
% Espacios libres.		No se establecen limitaciones
Observaciones		En estas zonas no se recomienda la ubicación de edificaciones de ningún tipo, recomendamos otro tipo de uso, como zonas verdes, parques, etc. Incluso evitar su ocupación, si los sismos de la zona históricamente presentan magnitudes elevadas

Zona CIP ₂	C	Distancia a la falla entre 30-60m
	I	Tipo suelo I
	P ₂	Pendiente del terreno entre 25-50%
Factores urbanísticos		Recomendaciones
Ancho del vial		Se recomienda anchos superiores 12m
Alineación	A fachada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
	Retranqueada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
Posición del edificio en la manzana	Aislada	Si
	Medianera	Si
	Esquina	Si, reforzar la torsión
	Terminal	Si, reforzar la torsión
Forma de la parcela	Regular	Se recomienda, ya que se comporta mejor
	Irregular	No se recomienda, pero se permite
Forma de la manzana	Manzana compacta	Si
	Manzana cerrada	Si
	Bloque exento	Si
	Bloque agrupado	Si
Ocupación		No se establece limitación
Edificabilidad		Se recomienda densidad media, incluso se admite alta
Separación entre edificaciones		Se recomienda las separaciones establecidas en la tabla 7.17, según norma NCSE 02
Altura cornisa		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes, y se recomienda considerar
Altura entre plantas		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes.
Número de plantas		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes. Se recomienda evitar diferencias de altura con edificaciones colindantes y véase figura 7.6
Equipamientos		Si
Zonas verdes/Espacios libres		Si
% Espacios libres.		No se establecen limitaciones
Observaciones		En estas zonas no se recomienda la ubicación de edificaciones de ningún tipo, recomendamos otro tipo de uso, como zonas verdes, parques, etc. Incluso evitar su ocupación, si los sismos de la zona históricamente presentan magnitudes elevadas

Zona CIP ₃	C	Distancia a la falla entre 30-60m
	I	Tipo suelo I
	P ₃	Pendiente del terreno superior al 50%
Factores urbanísticos		Recomendaciones
Ancho del vial		Se recomienda anchos superiores 12m
Alineación	A fachada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
	Retranqueada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
Posición del edificio en la manzana	Aislada	Si
	Medianera	Si
	Esquina	Si, reforzar la torsión
	Terminal	Si, reforzar la torsión
Forma de la parcela	Regular	Se recomienda, ya que se comporta mejor
	Irregular	No se recomienda, pero se permite
Forma de la manzana	Manzana compacta	Si
	Manzana cerrada	Si
	Bloque exento	Si
	Bloque agrupado	Si
Ocupación		No se establece limitación
Edificabilidad		Se recomienda densidad media, incluso se admite alta
Separación entre edificaciones		Se recomienda las separaciones establecidas en la tabla 7.17, según norma NCSE 02
Altura cornisa		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes, y se recomienda considerar
Altura entre plantas		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes.
Número de plantas		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes. Se recomienda evitar diferencias de altura con edificaciones colindantes y véase figura 7.6
Equipamientos		Si
Zonas verdes/Espacios libres		Si
% Espacios libres.		No se establecen limitaciones
Observaciones		En estas zonas no se recomienda la ubicación de edificaciones de ningún tipo, recomendamos otro tipo de uso, como zonas verdes, parques, etc. Incluso evitar su ocupación, si los sismos de la zona históricamente presentan magnitudes elevadas

Zona CIIP ₁	C	Distancia a la falla entre 30-60m
	II	Tipo suelo II
	P ₁	Pendiente del terreno no superior al 25%
Factores urbanísticos		Recomendaciones
Ancho del vial		Se recomienda anchos superiores 12m
Alineación	A fachada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
	Retranqueada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
Posición del edificio en la manzana	Aislada	Si
	Medianera	Si
	Esquina	Si, reforzar la torsión
	Terminal	Si, reforzar la torsión
Forma de la parcela	Regular	Se recomienda, ya que se comporta mejor
	Irregular	No se recomienda, pero se permite
Forma de la manzana	Manzana compacta	Si
	Manzana cerrada	Si
	Bloque exento	Si
	Bloque agrupado	Si
Ocupación		No se establece limitación
Edificabilidad		Se recomienda densidad media, incluso se admite alta
Separación entre edificaciones		Se recomienda las separaciones establecidas en la tabla 7.17
Altura cornisa		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes, y se recomienda considerar
Altura entre plantas		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes.
Número de plantas		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes. Se recomienda evitar diferencias de altura con edificaciones colindantes y véase figura 7.6
Equipamientos		Si
Zonas verdes/Espacios libres		Si
% Espacios libres.		No se establecen limitaciones
Observaciones		En estas zonas no se recomienda la ubicación de edificaciones de ningún tipo, recomendamos otro tipo de uso, como zonas verdes, parques, etc. Incluso evitar su ocupación, si los sismos de la zona históricamente presentan magnitudes elevadas

Zona CIIP ₂	C	Distancia a la falla entre 30-60m
	II	Tipo suelo II
	P ₂	Pendiente del terreno entre 25-50%
Factores urbanísticos		Recomendaciones
Ancho del vial		Se recomienda anchos superiores 12m
Alineación	A fachada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
	Retranqueada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
Posición del edificio en la manzana	Aislada	Si
	Medianera	si
	Esquina	Si, reforzar la torsión
	Terminal	Si, reforzar la torsión
Forma de la parcela	Regular	Se recomienda, ya que se comporta mejor
	Irregular	No se recomienda, pero se permite
Forma de la manzana	Manzana compacta	Si
	Manzana cerrada	Si
	Bloque exento	Si
	Bloque agrupado	Si
Ocupación		No se establece limitación
Edificabilidad		Se recomienda densidad media, incluso se admite alta
Separación entre edificaciones		Se recomienda las separaciones establecidas en la tabla 7.17, según norma NCSE 02
Altura cornisa		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes, y se recomienda considerar
Altura entre plantas		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes.
Número de plantas		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes. Se recomienda evitar diferencias de altura con edificaciones colindantes y véase figura 7.6
Equipamientos		Si
Zonas verdes/Espacios libres		Si
% Espacios libres.		No se establecen limitaciones
Observaciones		En estas zonas no se recomienda la ubicación de edificaciones de ningún tipo, recomendamos otro tipo de uso, como zonas verdes, parques, etc. Incluso evitar su ocupación, si los sismos de la zona históricamente presentan magnitudes elevadas

Zona CIIP ₃	C	Distancia a la falla entre 30-60m
	II	Tipo suelo II
	P ₃	Pendiente del terreno superior al 50%
Factores urbanísticos		Recomendaciones
Ancho del vial		Se recomienda anchos superiores 12m
Alineación	A fachada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
	Retranqueada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
Posición del edificio en la manzana	Aislada	Si
	Medianera	si
	Esquina	Si, reforzar la torsión
	Terminal	Si, reforzar la torsión
Forma de la parcela	Regular	Se recomienda, ya que se comporta mejor
	Irregular	No se recomienda, pero se permite
Forma de la manzana	Manzana compacta	Si
	Manzana cerrada	Si
	Bloque exento	Si
	Bloque agrupado	Si
Ocupación		No se establece limitación
Edificabilidad		Se recomienda densidad media, incluso se admite alta
Separación entre edificaciones		Se recomienda las separaciones establecidas en la tabla 7.17, según norma NCSE 02
Altura cornisa		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes, y se recomienda considerar
Altura entre plantas		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes.
Número de plantas		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes. Se recomienda evitar diferencias de altura con edificaciones colindantes y véase figura 7.6
Equipamientos		Si
Zonas verdes/Espacios libres		Si
% Espacios libres.		No se establecen limitaciones
Observaciones		En estas zonas no se recomienda la ubicación de edificaciones de ningún tipo, recomendamos otro tipo de uso, como zonas verdes, parques, etc. Incluso evitar su ocupación, si los sismos de la zona históricamente presentan magnitudes elevadas

Zona CIIP ₁	C	Distancia a la falla entre 30-60m
	III	Tipo suelo III
	P ₁	Pendiente del terreno no superior al 25%
Factores urbanísticos		Recomendaciones
Ancho del vial		Se recomienda anchos superiores 12m
Alineación	A fachada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
	Retranqueada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
Posición del edificio en la manzana	Aislada	Si
	Medianera	Si
	Esquina	Si, reforzar la torsión
	Terminal	Si, reforzar la torsión
Forma de la parcela	Regular	Se recomienda, ya que se comporta mejor
	Irregular	No se recomienda, pero se permite
Forma de la manzana	Manzana compacta	Si
	Manzana cerrada	Si
	Bloque exento	Si
	Bloque agrupado	Si
Ocupación		No se establece limitación
Edificabilidad		Se recomienda densidad media, incluso se admite alta
Separación entre edificaciones		Se recomienda las separaciones establecidas en la tabla 7.17 según norma NCSE 02
Altura cornisa		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes, y se recomienda considerar
Altura entre plantas		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes.
Número de plantas		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes. Se recomienda evitar diferencias de altura con edificaciones colindantes y véase figura 7.6
Equipamientos		Si
Zonas verdes/Espacios libres		Si
% Espacios libres.		No se establecen limitaciones
Observaciones		En estas zonas no se recomienda la ubicación de edificaciones de ningún tipo, recomendamos otro tipo de uso, como zonas verdes, parques, etc. Incluso evitar su ocupación, si los sismos de la zona históricamente presentan magnitudes elevadas

Zona CIIP ₂	C	Distancia a la falla entre 30-60m
	III	Tipo suelo III
	P ₂	Pendiente del terreno entre 25-50%
Factores urbanísticos		Recomendaciones
Ancho del vial		Se recomienda anchos superiores 12m
Alineación	A fachada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
	Retranqueada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
Posición del edificio en la manzana	Aislada	Si
	Medianera	Si
	Esquina	Si, reforzar la torsión
	Terminal	Si, reforzar la torsión
Forma de la parcela	Regular	Se recomienda, a que se comporta mejor
	Irregular	No se recomienda, pero se permite
Forma de la manzana	Manzana compacta	Si
	Manzana cerrada	Si
	Bloque exento	Si
	Bloque agrupado	Si
Ocupación		No se establece limitación
Edificabilidad		Se recomienda densidad media, incluso se admite alta
Separación entre edificaciones		se recomienda las separaciones establecidas en la tabla 7.17, según norma NCSE 02
Altura cornisa		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes, y se recomienda considerar
Altura entre plantas		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes.
Número de plantas		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes. Se recomienda evitar diferencias de altura con edificaciones colindantes y véase figura 7.6
Equipamientos		Si
Zonas verdes/Espacios libres		Si
% Espacios libres.		No se establecen limitaciones
Observaciones		En estas zonas no se recomienda la ubicación de edificaciones de ningún tipo, recomendamos otro tipo de uso, como zonas verdes, parques, etc. Incluso evitar su ocupación, si los sismos de la zona históricamente presentan magnitudes elevadas

Zona CIIP ₃	C	Distancia a la falla entre 30-60m
	III	Tipo suelo III
	P ₃	Pendiente del terreno superior al 50%
Factores urbanísticos		Recomendaciones
Ancho del vial		Se recomienda anchos superiores 12m
Alineación	A fachada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
	Retranqueada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
Posición del edificio en la manzana	Aislada	Si
	Medianera	Si
	Esquina	Si, reforzar la torsión
	Terminal	Si, reforzar la torsión
Forma de la parcela	Regular	Se recomienda, ya que se comporta mejor
	Irregular	No se recomienda, pero se permite
Forma de la manzana	Manzana compacta	Si
	Manzana cerrada	Si
	Bloque exento	Si
	Bloque agrupado	Si
Ocupación		No se establece limitación
Edificabilidad		Se recomienda densidad media, incluso se admite alta
Separación entre edificaciones		Se recomienda las separaciones establecidas en la tabla 7.17 según norma NCSE 02
Altura cornisa		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes, y se recomienda considerar
Altura entre plantas		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes.
Número de plantas		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes. Se recomienda evitar diferencias de altura con edificaciones colindantes y véase figura 7.6
Equipamientos		Si
Zonas verdes/Espacios libres		Si
% Espacios libres.		No se establecen limitaciones
Observaciones		En estas zonas no se recomienda la ubicación de edificaciones de ningún tipo, recomendamos otro tipo de uso, como zonas verdes, parques, etc. Incluso evitar su ocupación, si los sismos de la zona históricamente presentan magnitudes elevadas

Zona CIVP ₁	C	Distancia a la falla entre 30-60m
	IV	Tipo suelo IV
	P ₁	Pendiente del terreno no superior al 25%
Factores urbanísticos		Recomendaciones
Ancho del vial		Se recomienda anchos superiores 12m
Alineación	A fachada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
	Retranqueada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
Posición del edificio en la manzana	Aislada	Si
	Medianera	si
	Esquina	Si, reforzar la torsión
	Terminal	Si, reforzar la torsión
Forma de la parcela	Regular	Se recomienda, ya que se comporta mejor
	Irregular	No se recomienda, pero se permite
Forma de la manzana	Manzana compacta	Si
	Manzana cerrada	Si
	Bloque exento	Si
	Bloque agrupado	Si
Ocupación		No se establece limitación
Edificabilidad		Se recomienda densidad media, incluso se admite alta
Separación entre edificaciones		Se recomienda las separaciones establecidas en la tabla 7.17 según norma NCSE 02
Altura cornisa		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes, y se recomienda considerar
Altura entre plantas		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes.
Número de plantas		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes. Se recomienda evitar diferencias de altura con edificaciones colindantes y véase figura 7.6
Equipamientos		Si
Zonas verdes/Espacios libres		Si
% Espacios libres.		No se establecen limitaciones
Observaciones		En estas zonas no se recomienda la ubicación de edificaciones de ningún tipo, recomendamos otro tipo de uso, como zonas verdes, parques, etc. Incluso evitar su ocupación, si los sismos de la zona históricamente presentan magnitudes elevadas

Zona CIVP ₂	C	Distancia a la falla entre 30-60m
	IV	Tipo suelo IV
	P ₂	Pendiente del terreno entre 25-50%
Factores urbanísticos		Recomendaciones
Ancho del vial		Se recomienda anchos superiores 12m
Alineación	A fachada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
	Retranqueada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
Posición del edificio en la manzana	Aislada	Si
	Medianera	si
	Esquina	Si, reforzar la torsión
	Terminal	Si, reforzar la torsión
Forma de la parcela	Regular	Se recomienda, ya que se comporta mejor
	Irregular	No se recomienda, pero se permite
Forma de la manzana	Manzana compacta	Si
	Manzana cerrada	Si
	Bloque exento	Si
	Bloque agrupado	Si
Ocupación		No se establece limitación
Edificabilidad		Se recomienda densidad media, incluso se admite alta
Separación entre edificaciones		Se recomienda las separaciones establecidas en la tabla 7.17, según norma NCSE 02
Altura cornisa		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes, y se recomienda considerar
Altura entre plantas		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes.
Número de plantas		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes. Se recomienda evitar diferencias de altura con edificaciones colindantes y véase figura 7.6
Equipamientos		Si
Zonas verdes/Espacios libres		Si
% Espacios libres.		No se establecen limitaciones
Observaciones		En estas zonas no se recomienda la ubicación de edificaciones de ningún tipo, recomendamos otro tipo de uso, como zonas verdes, parques, etc. Incluso evitar su ocupación, si los sismos de la zona históricamente presentan magnitudes elevadas

Zona CIVP ₃	C	Distancia a la falla entre 30-60m
	IV	Tipo suelo IV
	P ₃	Pendiente del terreno superior al 50%
Factores urbanísticos		Recomendaciones
Ancho del vial		Se recomienda anchos superiores 12m
Alineación	A fachada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
	Retranqueada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
Posición del edificio en la manzana	Aislada	Si
	Medianera	si
	Esquina	Si, reforzar la torsión
	Terminal	Si, reforzar la torsión
Forma de la parcela	Regular	Se recomienda, ya que se comporta mejor
	Irregular	No se recomienda, pero se permite
Forma de la manzana	Manzana compacta	Si
	Manzana cerrada	Si
	Bloque exento	Si
	Bloque agrupado	Si
Ocupación		No se establece limitación
Edificabilidad		Se recomienda densidad media, incluso se admite alta
Separación entre edificaciones		Se recomienda las separaciones establecidas en la tabla 7.17, según norma NCSE 02
Altura cornisa		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes, y se recomienda considerar
Altura entre plantas		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes.
Número de plantas		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes. Se recomienda evitar diferencias de altura con edificaciones colindantes y véase figura 7.6
Equipamientos		Si
Zonas verdes/Espacios libres		Si
% Espacios libres.		No se establecen limitaciones
Observaciones		En estas zonas no se recomienda la ubicación de edificaciones de ningún tipo, recomendamos otro tipo de uso, como zonas verdes, parques, etc. Incluso evitar su ocupación, si los sismos de la zona históricamente presentan magnitudes elevadas

Fichas zona D

Zona DIP₁	D	Distancia a la falla superior a 60m
	I	Tipo suelo I
	P ₁	Pendiente no superior al 25%
Factores urbanísticos		Recomendaciones
Ancho del vial		Se recomienda anchos superiores 12m
Alineación	A fachada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
	Retranqueada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
Posición del edificio en la manzana	Aislada	Si
	Medianera	si
	Esquina	Si, reforzar la torsión
	Terminal	Si, reforzar la torsión
Forma de la parcela	Regular	Se recomienda, ya que se comporta mejor
	Irregular	No se recomienda, pero se permite
Forma de la manzana	Manzana compacta	Si
	Manzana cerrada	Si
	Bloque exento	Si
	Bloque agrupado	Si
Ocupación		No se establece limitación
Edificabilidad		Se recomienda densidad media, incluso se admite alta
Separación entre edificaciones		Se recomienda las separaciones establecidas en la tabla 7.17, según norma NCSE 02
Altura cornisa		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes, y se recomienda considerar
Altura entre plantas		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes.
Número de plantas		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes. Se recomienda evitar diferencias de altura con edificaciones colindantes y véase figura 7.6
Equipamientos		Si
Zonas verdes/Espacios libres		Si
% Espacios libres.		No se establecen limitaciones
Observaciones		En estas zonas no se establecen restricciones a la hora de edificar.

Zona DIP ₂	D	Distancia a la falla superior a 60m
	I	Tipo suelo I
	P ₂	Pendiente del terreno entre el 25-50%
Factores urbanísticos		Recomendaciones
Ancho del vial		Se recomienda anchos superiores 12m
Alineación	A fachada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
	Retranqueada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
Posición del edificio en la manzana	Aislada	Si
	Medianera	si
	Esquina	Si, reforzar la torsión
	Terminal	Si, reforzar la torsión
Forma de la parcela	Regular	Se recomienda, ya que se comporta mejor
	Irregular	No se recomienda, pero se permite
Forma de la manzana	Manzana compacta	Si
	Manzana cerrada	Si
	Bloque exento	Si
	Bloque agrupado	Si
Ocupación		No se establece limitación
Edificabilidad		Se recomienda densidad media, incluso se admite alta
Separación entre edificaciones		Se recomienda las separaciones establecidas en la tabla 7.17, según norma NCSE 02
Altura cornisa		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes, y se recomienda considerar
Altura entre plantas		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes.
Número de plantas		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes. Se recomienda evitar diferencias de altura con edificaciones colindantes y véase figura 7.6
Equipamientos		Si
Zonas verdes/Espacios libres		Si
% Espacios libres.		No se establecen limitaciones
Observaciones		En estas zonas no se establecen restricciones a la hora de edificar. En este caso considerar factor amplificación de pendiente tabla 7.30

Zona DIP ₃	D	Distancia a la falla superior a 60m
	I	Tipo suelo I
	P ₂	Pendiente del terreno superior al 50%
Factores urbanísticos		Recomendaciones
Ancho del vial		Se recomienda anchos superiores 12m
Alineación	A fachada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
	Retranqueada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
Posición del edificio en la manzana	Aislada	Si
	Medianera	si
	Esquina	Si, reforzar la torsión
	Terminal	Si, reforzar la torsión
Forma de la parcela	Regular	Se recomienda, ya que se comporta mejor
	Irregular	No se recomienda, pero se permite
Forma de la manzana	Manzana compacta	Si
	Manzana cerrada	Si
	Bloque exento	Si
	Bloque agrupado	Si
Ocupación		No se establece limitación
Edificabilidad		Se recomienda densidad media, incluso se admite alta
Separación entre edificaciones		Se recomienda las separaciones establecidas en la tabla 7.17, según norma NCSE 02
Altura cornisa		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes, y se recomienda considerar
Altura entre plantas		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes.
Número de plantas		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes. Se recomienda evitar diferencias de altura con edificaciones colindantes y véase figura 7.6
Equipamientos		Si
Zonas verdes/Espacios libres		Si
% Espacios libres.		No se establece limitaciones
Observaciones		En estas zonas no se establecen restricciones a la hora de edificar. En este caso considerar factor amplificación de pendiente tabla 7.30

Zona DIIP ₁	D	Distancia a la falla superior a 60m
	II	Tipo suelo II
	P ₁	Pendiente del terreno no superior al 25%
Factores urbanísticos		Recomendaciones
Ancho del vial		Se recomienda anchos superiores 12m
Alineación	A fachada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
	Retranqueada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
Posición del edificio en la manzana	Aislada	Si
	Medianera	si
	Esquina	Si, reforzar la torsión
	Terminal	Si, reforzar la torsión
Forma de la parcela	Regular	Se recomienda, ya que se comporta mejor
	Irregular	No se recomienda, pero se permite
Forma de la manzana	Manzana compacta	Si
	Manzana cerrada	Si
	Bloque exento	Si
	Bloque agrupado	Si
Ocupación		No se establece limitación
Edificabilidad		Se recomienda densidad media, incluso se admite alta
Separación entre edificaciones		Se recomienda las separaciones establecidas en la tabla 7.17, según norma NCSE 02
Altura cornisa		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes, y se recomienda considerar
Altura entre plantas		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes.
Número de plantas		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes. Se recomienda evitar diferencias de altura con edificaciones colindantes y véase figura 7.6
Equipamientos		Si
Zonas verdes/Espacios libres		Si
% Espacios libres.		No se establecen limitaciones
Observaciones		En estas zonas no se establecen restricciones a la hora de edificar. En este caso considerar factor amplificación de suelo tabla 7.31

Zona DIIP ₂	D	Distancia a la falla superior a 60m
	II	Tipo suelo II
	P ₂	Pendiente del terreno entre 25-50%
Factores urbanísticos		Recomendaciones
Ancho del vial		Se recomienda anchos superiores 12m
Alineación	A fachada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
	Retranqueada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
Posición del edificio en la manzana	Aislada	Si
	Medianera	si
	Esquina	Si, reforzar la torsión
	Terminal	Si, reforzar la torsión
Forma de la parcela	Regular	Se recomienda, ya que se comporta mejor
	Irregular	No se recomienda, pero se permite
Forma de la manzana	Manzana compacta	Si
	Manzana cerrada	Si
	Bloque exento	Si
	Bloque agrupado	Si
Ocupación		No se establece limitación
Edificabilidad		Se recomienda densidad media, incluso se admite alta
Separación entre edificaciones		Se recomienda las separaciones establecidas en la tabla 7.17, según norma NCSE 02
Altura cornisa		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes, y se recomienda considerar
Altura entre plantas		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes.
Número de plantas		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes. Se recomienda evitar diferencias de altura con edificaciones colindantes y véase figura 7.6
Equipamientos		Si
Zonas verdes/Espacios libres		Si
% Espacios libres.		No se establecen limitaciones
Observaciones		En estas zonas no se establecen restricciones a la hora de edificar. Considerar factor amplificador del suelo tabla 7.31 y pendiente tabla 7.30

Zona DIIP ₃	D	Distancia a la falla superior a 60m
	II	Tipo suelo II
	P ₃	Pendiente del terreno superior al 50%
Factores urbanísticos		Recomendaciones
Ancho del vial		Se recomienda anchos superiores 12m
Alineación	A fachada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
	Retranqueada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
Posición del edificio en la manzana	Aislada	si
	Medianera	si
	Esquina	Si, reforzar la torsión
	Terminal	Si, reforzar la torsión
Forma de la parcela	Regular	Se recomienda, ya que se comporta mejor
	Irregular	No se recomienda, pero se permite
Forma de la manzana	Manzana compacta	Si
	Manzana cerrada	Si
	Bloque exento	Si
	Bloque agrupado	Si
Ocupación		No se establece limitación
Edificabilidad		Se recomienda densidad media, incluso se admite alta
Separación entre edificaciones		Se recomienda las separaciones establecidas en la tabla 7.17, según norma NCSE 02
Altura cornisa		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes, y se recomienda considerar
Altura entre plantas		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes.
Número de plantas		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes. Se recomienda evitar diferencias de altura con edificaciones colindantes y véase figura 7.6
Equipamientos		Si
Zonas verdes/Espacios libres		Si
% Espacios libres.		No se establecen limitaciones
Observaciones		En estas zonas no se establecen restricciones a la hora de edificar. En este caso considerar factor amplificación de pendiente tabla 7.30 y suelo tabla 7.31

Zona DIIIP ₁	D	Distancia a la falla superior a 60m
	III	Tipo suelo III
	P ₁	Pendiente del terreno no superior al 25%
Factores urbanísticos		Recomendaciones
Ancho del vial		Se recomienda anchos superiores 12m
Alineación	A fachada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
	Retranqueada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
Posición del edificio en la manzana	Aislada	Si
	Medianera	Si
	Esquina	Si, se recomienda reforzar ante torsión
	Terminal	Si, se recomienda reforzar ante torsión
Forma de la parcela	Regular	Se recomienda, ya que se comporta mejor
	Irregular	No se recomienda, pero se permite
Forma de la manzana	Manzana compacta	Si
	Manzana cerrada	Si
	Bloque exento	Si
	Bloque agrupado	Si
Ocupación		No se establece limitación
Edificabilidad		Se recomienda densidad media, incluso se admite alta
Separación entre edificaciones		Se recomienda las separaciones establecidas en la tabla 7.17, según norma NCSE 02
Altura cornisa		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes, y se recomienda considerar
Altura entre plantas		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes.
Número de plantas		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes. Se recomienda evitar diferencias de altura con edificaciones colindantes y véase figura 7.6
Equipamientos		Si
Zonas verdes/Espacios libres		Si
% Espacios libres.		No se establecen limitaciones
Observaciones		En estas zonas no se establecen restricciones a la hora de edificar. Considerar factor amplificador del suelo tabla 7.31

Zona DIIP ₂	D	Distancia a la falla superior a 60m
	III	Tipo suelo III
	P ₂	Pendiente del terreno entre 25-50%
Factores urbanísticos		Recomendaciones
Ancho del vial		Se recomienda anchos superiores 12m
Alineación	A fachada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
	Retranqueada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
Posición del edificio en la manzana	Aislada	Si
	Medianera	Si
	Esquina	Si, se recomienda reforzar ante torsión
	Terminal	Si, se recomienda reforzar ante torsión
Forma de la parcela	Regular	Se recomienda, ya que se comporta mejor
	Irregular	No se recomienda, pero se permite
Forma de la manzana	Manzana compacta	Si
	Manzana cerrada	Si
	Bloque exento	Si
	Bloque agrupado	Si
Ocupación		No se establece limitación
Edificabilidad		Se recomienda densidad media, incluso se admite alta
Separación entre edificaciones		Se recomienda las separaciones establecidas en la tabla 7.17, según norma NCSE 02
Altura cornisa		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes, y se recomienda considerar
Altura entre plantas		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes.
Número de plantas		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes. Se recomienda evitar diferencias de altura con edificaciones colindantes y véase figura 7.6
Equipamientos		Si
Zonas verdes/Espacios libres		Si
% Espacios libres.		No se establecen limitaciones
Observaciones		En estas zonas no se establecen restricciones a la hora de edificar. En estas zonas no se establecen restricciones a la hora de edificar. En este caso considerar factor amplificación de pendiente tabla 7.30 y suelo tabla 7.31

Zona DIIIP ₃	D	Distancia a la falla superior a 60m
	III	Tipo suelo III
	P ₃	Pendiente del terreno superior al 50%
Factores urbanísticos		Recomendaciones
Ancho del vial		Se recomienda anchos superiores 12m
Alineación	A fachada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
	Retranqueada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
Posición del edificio en la manzana	Aislada	Si
	Medianera	Si
	Esquina	Si, se recomienda reforzar ante torsión
	Terminal	Si, se recomienda reforzar ante torsión
Forma de la parcela	Regular	Se recomienda, ya que se comporta mejor
	Irregular	No se recomienda, pero se permite
Forma de la manzana	Manzana compacta	Si
	Manzana cerrada	Si
	Bloque exento	Si
	Bloque agrupado	Si
Ocupación		No se establece limitación
Edificabilidad		Se recomienda densidad media, incluso se admite alta
Separación entre edificaciones		Se recomienda las separaciones establecidas en la tabla 7.17 según norma NCSE 02
Altura cornisa		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes, y se recomienda considerar
Altura entre plantas		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes.
Número de plantas		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes. Se recomienda evitar diferencias de altura con edificaciones colindantes y véase figura 7.6
Equipamientos		Si
Zonas verdes/Espacios libres		Si
% Espacios libres.		No se establecen limitaciones
Observaciones		En estas zonas no se establecen restricciones a la hora de edificar. En estas zonas no se establecen restricciones a la hora de edificar. En este caso considerar factor amplificación de pendiente tabla 7.30 y suelo tabla 7.31

Zona DIVP ₁	D	Distancia a la falla superior a 60m
	IV	Tipo suelo IV
	P ₁	Pendiente del terreno superior al 25%
Factores urbanísticos		Recomendaciones
Ancho del vial		Se recomienda anchos superiores 12m
Alineación	A fachada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
	Retranqueada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias
Posición del edificio en la manzana	Aislada	Si
	Medianera	Si
	Esquina	Si, se recomienda reforzar ante torsión
	Terminal	Si, se recomienda reforzar ante torsión
Forma de la parcela	Regular	Se recomienda, ya que se comporta mejor
	Irregular	No se recomienda, pero se permite
Forma de la manzana	Manzana compacta	Si
	Manzana cerrada	Si
	Bloque exento	Si
	Bloque agrupado	Si
Ocupación		No se establece limitación
Edificabilidad		Se recomienda densidad media, incluso se admite alta
Separación entre edificaciones		Se recomienda las separaciones establecidas en la tabla 7.17 según norma NCSE 02
Altura cornisa		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes, y se recomienda considerar
Altura entre plantas		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes.
Número de plantas		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes. Se recomienda evitar diferencias de altura con edificaciones colindantes y véase figura 7.6
Equipamientos		Si
Zonas verdes/Espacios libres		Si
% Espacios libres.		No se establecen limitaciones
Observaciones		En estas zonas no se establecen restricciones a la hora de edificar. Considerar factor amplificador del suelo tabla 7.31

Zona DIVP ₂	D	Distancia a la falla superior a 60m	
	IV	Tipo suelo IV	
	P ₂	Pendiente del terreno entre el 25-50%	
Factores urbanísticos		Recomendaciones	
Ancho del vial		Se recomienda anchos superiores 12m	
Alineación	A fachada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias	
	Retranqueada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias	
Posición del edificio en la manzana	Aislada	Si	
	Medianera	Si	
	Esquina	Si, se recomienda reforzar ante torsión	
	Terminal	Si, se recomienda reforzar ante torsión	
Forma de la parcela	Regular	Se recomienda, ya que se comporta mejor	
	Irregular	No se recomienda, pero se permite	
Forma de la manzana	Manzana compacta	Si	
	Manzana cerrada	Si	
	Bloque exento	Si	
	Bloque agrupado	Si	
Ocupación		No se establece limitación	
Edificabilidad		Se recomienda densidad media, incluso se admite alta	
Separación entre edificaciones		No se establecen limitaciones, se recomienda las separaciones establecidas en la tabla 7.17, según norma NCSE 02	
Altura cornisa		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes, y se recomienda considerar la	
Altura entre plantas		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes.	
Número de plantas		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes. Se recomienda evitar diferencias de altura con edificaciones colindantes y véase figura 7.6	
Equipamientos		Si	
Zonas verdes/Espacios libres		Si	
% Espacios libres.		No se establecen limitaciones	
Observaciones		En estas zonas no se establecen restricciones a la hora de edificar. En este caso considerar factor amplificación de pendiente tabla 7.30 y suelo tabla 7.31	

Zona DIVP ₃	D	Distancia a la falla superior a 60m	
	IV	Tipo suelo IV	
	P ₃	Pendiente del terreno superior al 50%	
Factores urbanísticos		Recomendaciones	
Ancho del vial		Se recomienda anchos superiores 12m	
Alineación	A fachada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias	
	Retranqueada	Si, según edificación colindante, evitar diferencias	
Posición del edificio en la manzana	Aislada	Si	
	Medianera	Si	
	Esquina	Si, se recomienda reforzar la torsión	
	Terminal	Si, se recomienda reforzar la torsión	
Forma de la parcela	Regular	Se recomienda, ya que se comporta mejor	
	Irregular	No se recomienda, pero se permite	
Forma de la manzana	Manzana compacta	Si	
	Manzana cerrada	Si	
	Bloque exento	Si	
	Bloque agrupado	Si	
Ocupación		No se establece limitación	
Edificabilidad		Se recomienda densidad media, incluso se admite alta	
Separación entre edificaciones		No se establecen limitaciones, se recomienda las separaciones establecidas en la tabla 7.17 según norma NCSE 02	
Altura cornisa		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes, y se recomienda considerar	
Altura entre plantas		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes.	
Número de plantas		No se establecen limitaciones, salvo normativas urbanísticas existentes. Se recomienda evitar diferencias de altura con edificaciones colindantes y véase figura 7.6	
Equipamientos		Si	
Zonas verdes/Espacios libres		Si	
% Espacios libres.		No se establecen limitaciones	
Observaciones		En estas zonas no se establecen restricciones a la hora de edificar. En este caso considerar factor amplificación de pendiente tabla 7.30 y suelo tabla 7.31.	

8 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El método resultante, surge al amparo de estudios comparativos y de análisis realizados, puede estar sujeto a diversas críticas por parte de los diferentes colectivos que forman parte de los diferentes sectores implicados en el planeamiento urbanístico, ya que es multidisciplinar. Entendiendo que el método propuesto y otros resultados obtenidos están sometidos a posibles opiniones contrarias, este capítulo pretende anticipar la discusión que pueda surgir sobre algunos de los contenidos defendidos en este trabajo de investigación.

8.1 INTRODUCCIÓN

Acorde con los objetivos de la línea de investigación, se plantea como principal objetivo de este trabajo analizar la influencia del planeamiento urbanístico en el riesgo sísmico, y la definición una serie de recomendaciones en cuanto al trazado de las ciudades, así como en el desarrollo de los nuevos planes urbanísticos, la ordenación pormenorizada, como intervenciones en zonas puntuales.

Como objetivos complementarios se plantean:

1. Definir una metodología sencilla, para evaluar las zonas más vulnerables frente a eventos sísmicos, desde la óptica de la morfología urbana, a través de estudios de densidad y compacidad de la ciudad, haciendo hincapié en el porcentaje de espacios abiertos.

2. Elaboración de fichas que contienen parámetros específicos relacionados directamente con la peligrosidad y la vulnerabilidad, que servirán de base a la hora de realizar trabajos específicos de planeamiento urbano.

3. Recomendaciones, en cuanto al trazado de las ciudades, así como en el desarrollo de los nuevos planes urbanísticos, la ordenación pormenorizada, y en las intervenciones en zonas puntuales

8.2. MÉTODO

Previo a la explicación del método, se hace necesario señalar que el mismo se desarrolla, partiendo de los datos de fallas activas, para la Península Ibérica nos hemos apoyado en las aportaciones de García-Mayordomo, J. (2015) y en la base de datos de fallas del cuaternario activas de la Península Ibérica, IGME (2015), por lo que, en aquellos casos donde no se disponga de la cartografía oportuna que incluya la base de datos sobre fallas sería necesaria su realización. Como parte de ese concepto, se establece que se complete con una caracterización, a escala detallada (igual o menor de 1:10.000) de la geología, la geomorfología, la estabilidad de laderas y la vulnerabilidad frente a distintos tipos de amenazas naturales.

Partiendo de un estudio de geoaptitud de un espacio geográfico dado, para el cual se ha identificado la existencia de una falla geológica, deben señalarse si la misma es inactiva, potencialmente activa o bien activa. Ello, a fin de indicar si se requiere o no el establecimiento de una "zona de seguridad" y la elaboración de un estudio neotectónico de la falla que permita precisar el tema de la zona de seguridad o de restricción de uso del suelo.

Una vez que contamos con estos datos, junto con la clasificación de terreno propuesta en la norma de construcción NCSE-02, y con el fin de incluir a su vez el factor de la topografía, se considera la pendiente del terreno, definiendo está en una serie de intervalos, que se exponen a continuación: (<25%), (25%-50%) y (≤50%).

Se realiza una representación tridimensional de estos tres elementos utilizando un análisis multicriterio con ponderación lineal obtenemos la zonación fig.8.1.

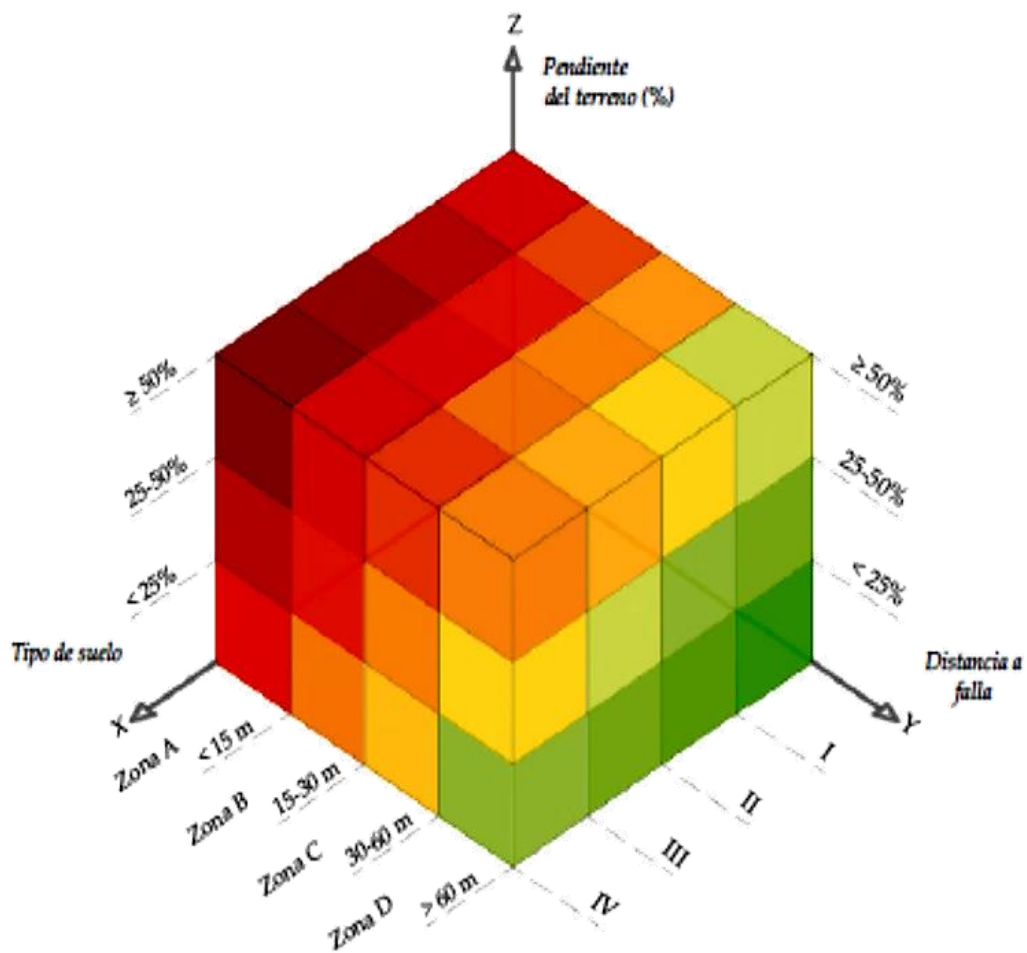


Figura 8.1. Representación tridimensional del modelo de zonación propuesto con gradación de color. Fuente: propia

Cada uno de los ejes queda definido del siguiente modo: el eje de abscisas, (X), representa la tipología del suelo según la norma de construcción española NCSE-02, clasifica el terreno en suelo tipo I, suelo tipo II, suelo tipo III y suelo tipo IV, en el eje de ordenadas, (Y), se divide en cuatro zonas distintas en función de la distancia a la traza de la falla, zona A (<15m), zona B (15-30m), zona C (30-60m) y por último la zona D (>60m), el eje vertical (Z) representa la pendiente del terreno expresada en %, dividiéndose en los intervalos expuestos anteriormente.

Para cada una de estas zonas se establece una ficha técnica la cual recoge una serie de parámetros urbanísticos, junto con las pertinentes recomendaciones para las futuras construcciones.

8.3. RESULTADOS

Actualmente, se plantea el planeamiento urbanístico de las ciudades con el fin de cubrir las necesidades de vivienda, servicios y equipamientos de los futuros ciudadanos, para ello, los especialistas en desarrollo urbano se suelen apoyar en modelos de crecimiento, y en el tipo de ciudad que pretender crear, sostenible, funcional, con buena accesibilidad, etc.

Por otro lado, sería oportuno no olvidar como parámetro especialmente relevante la seguridad de los ciudadanos, pretendiendo con este trabajo contribuir a ello mediante el diseño de las fichas técnicas resultado del trabajo inicialmente planteado se nos está olvidando la seguridad de sus ocupantes. Con el fin de atender esta carencia, surgen estas fichas técnicas.

En las fichas encontramos una serie de factores urbanísticos que están directamente relacionados con el riesgo sísmico, tras un exhaustivo análisis, se han seleccionado los más relevantes, como son: las características de los viales en lo referente a la anchura de estos, la forma de la manzana si se trata de manzana compacta, cerrada, bloque exento o agrupado, la posición del edificio en la manzana, es decir si este se encuentra en medianera, aislado, en esquina, terminal, la edificabilidad de esta y el volumen del edificio, en cuanto al número de plantas, la altura de cornisa, etc.. Además de la locación de los equipamientos, espacios abiertos y zonas verdes. A continuación, se muestra una ficha tipo.

Tabla 1: Fichas tipo de zonación. Fuente propia.

Zona AIP ₁	A	Distancia a la falla no superior a 15m
	I	Tipo suelo I
	P ₁	Pendiente del terreno no superior al 25%
Factores urbanísticos		Recomendaciones
Ancho del vial		
Alineación	A fachada	
	Retranqueada	
Posición del edificio en la manzana	Aislada	
	Medianera	
	Esquina	
	Terminal	
Forma de la parcela	Regular	
	Irregular	
Forma de la manzana	Manzana compacta	
	Manzana cerrada	
	Bloque exento	
	Bloque agrupado	
Ocupación		
Edificabilidad		
Separación entre edificaciones		
Altura cornisa		
Altura entre plantas		
Número de plantas		
Equipamientos		
Zonas verdes/Espacios libres		
% Espacios libres.		
Observaciones		

8.4 ANÁLISIS CRÍTICO

Lo que se pretende con este método de zonación es que el planeamiento tenga en cuenta para la ubicación de edificaciones la relación sobre un determinado tipo de terreno el traza de una falla y ninguna estructura de ocupación humana

será permitida sobre un tipo de terreno, que presente una falla geológica activa o de su zona de seguridad, definida por un estudio geológico – neotectónico, o bien de forma preliminar para la zona de seguridad de 60 metros si no se dispone del estudio geológico – neotectónico-. Además, se establecen criterios a seguir en el planeamiento urbanístico, considerando la distancia a la traza de fallas activas, el tipo de suelo y la pendiente de este.

Por su parte, se pretende establecer un criterio específico para edificios de especial importancia o las denominadas infraestructuras críticas conforme a la ley de Protección de Infraestructuras Críticas 8/2011 de 28 de abril, se aplicará un diseño alternativo evitando pasar por la traza de la falla y su zona de seguridad establecida por el estudio neotectónico. En el caso extremo de imposibilidad material de evitar que la obra de infraestructura no pudiese acatar lo anterior, se procedería a establecer un parámetro de construcción y diseño más exigente, con el fin de disminuir los daños accidentales y, además, se sugiere contar con un plan de mitigación de efectos de desastre.

Hay que añadir que esta zonación solamente será de aplicación para la zona de estudio que se esté analizando, de modo que su extrapolación a otras áreas, debe complementarse con información técnica correspondiente. Este método estaría indicado acciones de futura planificación territorial y urbana, así como a la revisión de las existentes.

8.5 LÍNEAS FUTURAS

Este trabajo es un escalón más hacia la evaluación de la vulnerabilidad de las ciudades, y más concretamente desde una perspectiva anterior a la existencia de edificios, pero también contiene importantes aportaciones metodológicas.

A partir de la experiencia adquirida en él y junto a otros trabajos anteriores o recientes vinculados con el riesgo sísmico en zonas urbanas, voy a exponer seguidamente algunas exhortaciones y líneas de investigación abiertas.

Estos aspectos de complementación y progreso, son los siguientes:

1.- Influencia de la morfología urbana en ciudades expuestas a eventos sísmicos

La continuidad del trabajo realizado lleva a hacer las siguientes recomendaciones:

- Desarrollar el método analítico de análisis de espacios libres, de modo que permita incorporar variables específicas de las edificaciones y de la trama urbana, como es el caso de modificadores del comportamiento de las edificaciones, en particular aquellos que aumenten el daño.
- Definir y caracterizar, los distintos modelos de ciudad, ante eventos sísmicos. Posibilitando identificar posibles modificadores del comportamiento de la ciudad, que no se han tenido en cuenta en las metodologías actuales, como es el caso de la distribución de espacios abiertos o espacios libres, los cuales están relacionados con la mitigación del daño.

2.- Planeamiento Urbanístico en zonas sísmicas

Este trabajo abre una línea de investigación para las distintas administraciones públicas y los diferentes agentes involucrados en el planeamiento, trabaje de modo conjunto para planificar las ciudades, considerando no solo las edificaciones en sí mismas, sino también la distribución de estas en el territorio. Apuntamos aquí algunas líneas futuras que están en relación directa con las normativas sismorresistente.

- Redactar Normas urbanísticas sismorresistente en todas las ciudades y localidades con un riesgo sísmico moderado, en lo tocante a parámetros urbanísticos, tipo de terreno, distancia a fallas activas, pendiente del terreno, sobre el cual asentaran posteriormente las edificaciones.
- Creación y retroalimentación de bases de datos a nivel local, que identifiquen y clasifique los parámetros de carácter urbano, que modifique la vulnerabilidad de la ciudad frente a un evento sísmico.

9. CONCLUSIONES

9.1 INTRODUCCIÓN

En esta tesis se han analizado, las técnicas y sistemáticas que se utilizan para evaluar el riesgo sísmico, en sus diferentes componentes: peligrosidad y vulnerabilidad sísmica. Se ha profundizado en análisis de las metodologías empíricas, en modificadores de comportamiento, los cuales aumentan o disminuyen los índices básicos de vulnerabilidad en función de la tipología constructiva de los edificios.

Junto con, un análisis del Planeamiento Urbanístico, profundizando en la Normativa, nos ha permitido determinar cuáles son los parámetros, que son más condicionantes ante una amenaza sísmica.

Se ha propuesto un modelo de zonificación, el cual se basa en parámetros sencillos, estos se pueden obtener fácilmente, se trata de: pendiente del terreno (%), distancia a fallas activas (m), y tipo de terreno según la NSCE (2002). Obteniendo una representación tipo en tres dimensiones, con su correspondiente gradación de color, indicando los colores rojos intensos, las zonas que muestran mayor disposición a que las edificaciones, estructuras y construcciones, sufran mayores daños tras un evento sísmico y las verdes más intensas, son aquellas, que presentan menor predisposición a sufrir daños.

La utilización de sistemas de Información Geográfica permite posteriormente generar una cartografía inicial con georreferenciación de los datos, así como una aplicación base, -de Clasificación en zonas urbanísticas en función de la actividad sísmica-.

9.2 DECÁLOGO DE CONCLUSIONES

En este apartado se describen las principales conclusiones, las cuales hacen referencia a la consecución de los objetivos de esta tesis. Se presentan en dos bloques diferentes, en función del alcance de los diferentes objetivos:

1-Analizar la influencia entre planeamiento urbanístico y el riesgo sísmico.

2- Definir una serie de recomendaciones, en cuanto al trazado de las ciudades, así como el desarrollo de los nuevos planes urbanísticos, la ordenación pormenorizada, como intervenciones en zonas puntuales.

9.2.1 Alcance del análisis de los objetivos

Planeamiento Urbanístico en zonas sísmicas y riesgo sísmico.

Del análisis del planeamiento urbanístico en zonas sísmicas, y en particular de las disposiciones de las normas urbanísticas las conclusiones son:

El Riesgo en los planes urbanos

1.-La mayor parte de las ciudades de los países en zona de actividad sísmica media a alta, se encuentran en zonas puntuales de Europa, en la parte norte de África, en América del sur y Central, con lo que el crecimiento acelerado y descontrolado de los últimos años, trajo como consecuencia un aumento del riesgo.

2.-Se tiene la creencia que por tener normas para el diseño y construcción de edificaciones sismorresistentes es suficiente para reducir dicho riesgo. Pero esto no es suficiente, ya que, las normas para edificaciones, de carácter sismorresistentes también tuvieron un desarrollo muy acelerado durante el siglo XX y el estado del conocimiento en el que se basan dichas normas sufrió modificaciones significativas en períodos de tiempo muy corto. Es así como en una misma ciudad se pueden encontrar edificaciones que corresponden a normas desarrolladas en diferentes épocas las cuales representan cada una de ellas una versión diferente del estado del conocimiento de la ingeniería en materia sismorresistente. Por lo que edificaciones que en un momento determinado de su construcción cumplían con la normativa sismorresistente establecida, puede ser que, en el momento actual, no cumpla con las normas vigentes y, por tanto, con el estado del conocimiento más reciente.

3.-Es importante decir que las normas sismorresistentes son generalmente recomendaciones mínimas de competencia a nivel nacional en las que se aclara la

aplicación, adaptación y cumplimiento. También se cree que la responsabilidad de reducir dicho riesgo es exclusividad de los ingenieros y arquitectos que se dedican al cálculo estructural, pero desde el programa propuesto por Naciones Unidas del Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales (DIRN) de 1990 a 1999, se reconoció internacionalmente que es una responsabilidad multidisciplinar.

4.-Hay que tener en cuenta que las edificaciones que conforman una ciudad, no sólo tienen diferentes edades, sino que responden a una gran gama de usos, materiales y técnicas constructivas; desde las utilizadas en los tiempos antiguos, hasta las estructuras más modernas las cuales, utilizan técnicas recientemente desarrolladas. Por lo tanto, en zonas sísmicas, es difícil establecer un «recetario, que contenga todas las soluciones posibles para disminuir de la vulnerabilidad de las construcciones y, por tanto, del riesgo en el sistema urbano.

5.-Conocer a la perfección la amenaza Local, para minimizar la vulnerabilidad de las construcciones y desarrollar correctamente planes para la mitigación del riesgo. Con ello puede reducir el número de víctimas humanas, damnificados, pérdidas económicas, daños a los servicios públicos y tantas otras consecuencias que convierten a los sismos en desastres.

6.-Las consideraciones para reducir el riesgo en los planes urbanos actuales, son escasas y, por el contrario, la normativa de zonificación vigente en la mayoría de estas ciudades estimula la utilización de configuraciones arquitectónicas que contribuyen a aumentar la vulnerabilidad de las edificaciones ante las fuerzas producidas por los sismos.

La estructura del sistema urbano

Desde el punto de vista administrativo se consideró relevante tener en cuenta que la variedad y complejidad de la interacción entre los diferentes componentes de las ciudades modernas y la diversidad de escalas de intervención urbanística, han producido muy a menudo, dificultades y confusiones en la identificación de: los ámbitos de actuación de los actores involucrados y de las acciones que deben llevar a cabo; los alcances y contenidos de los planes urbanos; y el uso de los instrumentos de análisis, valoración y control involucrados en la planificación, manejo y control del sistema urbano.

La complejidad del sistema urbano debido a su carácter abierto y en constante transformación, da lugar a una relación directa entre las acciones que inciden sobre él y dificulta en gran medida el establecer límites precisos en las distintas escalas de intervención.

Indudablemente, todas las actuaciones en el espacio urbano conllevan la misma naturaleza urbanística y, por lo tanto, el objetivo común de dar contestación a los requerimientos de las prácticas humanas en las ciudades y su entorno, cuyo fin es la mejora de la calidad de vida.

No obstante, esta intercalación de objetivos generales y la necesaria coincidencia de metodologías de estudio, acepta la existencia de tres niveles de intervención urbanística;

- 1- planificación Urbanística, actividad orientada a la planificación y diseño del espacio bidimensional de la ciudad;
- 2 - el Diseño Urbano, actividad orientada a la planificación y el diseño del espacio tridimensional de la ciudad y sus sectores;
- 3 -la Arquitectura, actividad orientada a la planificación, diseño y ordenación de las edificaciones de la ciudad

La consideración de estas tres categorías de procesos de intervención urbanística, permitirían establecer los mecanismos y los agentes pertinentes para la aplicación en cada una de estas categorías de los instrumentos específicos de análisis, los ámbitos de actuación, las responsabilidades, los alcances y los contenidos de los planes para la mitigación del riesgo.

Así, a través de la planificación urbanística se podrían establecer, por ejemplo, las zonas pertinentes y las no recomendables o prohibidas para la ubicación de las edificaciones esenciales. A través del diseño urbano se podrían establecer, por ejemplo, las alturas de las edificaciones de acuerdo con las propiedades dinámicas de los suelos y las medidas para evitar que donde existan muros urbanos se golpeen las edificaciones unas con otras. El último nivel sería el utilizado para incorporar las recomendaciones y restricciones con referencia a la configuración de las edificaciones.

1.- Uno de los instrumentos que permitiría la incorporación de las disposiciones para la reducción del riesgo y su correspondiente aplicación sería la

"normativa de zonificación" que es el conjunto de instrumentos pasivos para la aplicación de los planes de ordenamiento urbanístico propuestos para la ciudad, mediante los cuales se establecen dentro de ésta, sectores clasificados por el tipo edificabilidad, mediante una distribución en orden y jerarquía, de usos y funciones.

2.- La normativa de zonificación debe de contener una serie de disposiciones para la organización y reglamentación de la ocupación, o uso, del suelo en una ciudad.

3.- El planeamiento urbanístico, tiene que ser pensado como un proceso social complejo en el cual deben de participar todas las partes implicadas en el proceso, es decir las instituciones, las cuales forman parte de la sociedad, siendo estos los que deben identificar, plantear y desarrollar políticas, estrategias, programas, proyectos y acciones para evitar, disminuir y mitigar los efectos de los eventos sísmicos futuros, que pueden afectar al desarrollo del día a día de los ciudadanos, y afecte a los bienes de la sociedad.

4.- El riesgo es un elemento de la amenaza o peligro sísmico local y de la vulnerabilidad lo expuesto a dicha amenaza. Por lo tanto, si pretendemos utilizar el planeamiento urbanístico para la reducción del riesgo de una ciudad, hay que conocer la amenaza sísmica y los grados de vulnerabilidad de las edificaciones y los demás elementos que conforman la ciudad.

5.- Cada ciudad tiene sus características propias. Por lo tanto, el riesgo sólo podrá ser cuantificado y reducido, teniendo en cuenta las características propias de la amenaza local y de la vulnerabilidad de los componentes de cada ciudad expuestos a esa amenaza en particular.

6.- La identificación, evaluación y manejo de las variables que conforman el riesgo en áreas urbanas, involucra a profesionales en las diferentes materias y rangos de acción del sistema urbano. La mitigación del riesgo en áreas urbanas no es responsabilidad exclusiva de los ingenieros y arquitectos, sino de los diversos profesionales y de aquellos que toman decisiones que intervienen en las diferentes escalas de dicho sistema.

Hasta el presente no existen, ni teorías ni métodos de diseño y planificación urbanos que, de manera comprensiva, definan y relacionen las variables del riesgo en las diferentes escalas del sistema urbano y los modos de afrontarlo interprofesionalmente.

7.- La no identificación y establecimiento de límites precisos entre las diferentes escalas de intervención en el sistema urbano, dificulta la incorporación de las variables necesarias para desarrollar y poner en práctica los planes urbanísticos que incluyan la mitigación del riesgo sísmico.

Tradicionalmente en ciudades ubicadas en zonas sísmicas, tanto los diversos agentes involucrados en la planificación urbana, como los especialistas en la mitigación del riesgo, han realizado sus respectivas actividades profesionales cada uno por separado, sin una interrelación, sino con una visión parcelada de los dos campos de acción.

Aunque ya en varias ciudades del continente Americano se han comenzado a tomar medidas con respecto a la incorporación de prescripciones en la normativa urbana para el diseño y construcción de edificaciones sismorresistentes, todavía existe un gran desconocimiento por parte de las autoridades urbanas y personas que toman decisiones en los planes urbanos, en cuanto a los efectos devastadores que las características del suelo local pueden producir al ocurrir un sismo, en estructuras que no han sido apropiadamente diseñadas, calculadas y construidas para resistir los esfuerzos a los que están expuestas.

Históricamente se ha considerado que la reducción de los efectos de los sismos se restringe a la simple aplicación de normas para el diseño y construcción de edificaciones sismorresistentes, como unidades aisladas, sin tomar en cuenta los aspectos que conciernen al diseño y planificación urbanos y a las consecuencias que se pueden derivar de las directrices establecidas en la normativa de zonificación. Tanto los diversos agentes involucrados en la planificación urbana, como los especialistas en la mitigación del riesgo, han realizado sus respectivas actividades profesionales cada uno por su lado, sin una interrelación, y sin una visión de conjuntos de ambos campos de acción.

Los agentes que toman decisiones en cuanto al diseño y planificación urbana, han supuesto que las consideraciones sobre los efectos producidos por los sismos son atribución exclusiva de los ingenieros y arquitectos, quienes deberían, por lo tanto, garantizar el cumplimiento de las normas técnicas y las recomendaciones para el diseño de edificaciones sismorresistentes.

La competencia o atribución de las normas sismorresistentes es generalmente de orden nacional. Las especificidades de cada ciudad, no pueden estar contenidas

en las normas técnicas nacionales, sino en los instrumentos normativos locales, como acuerdos municipales, normas subsidiarias, resoluciones, decretos o reglamentos de zonificación y otros que se consideren convenientes.

La microzonificación, permite la determinación, identificación y clasificación de los diferentes tipos de suelo de una ciudad o región y su correspondiente comportamiento ante sismos probables, ha sido reconocida por la comunidad de investigadores que estudian los efectos producidos por los sismos, como uno de los instrumentos más efectivos para la reducción de riesgos en áreas urbanas, pero también es cierto que su coste es elevado.

Se tiene la creencia que la aplicación de las normas técnicas para el diseño de edificaciones sismorresistentes, garantizan la reducción de daños por los efectos de los sismos sin tener en cuenta que las normas técnicas se refieren a recomendaciones generales y mínimas para el diseño y construcción de edificaciones tipificadas en su mayoría de hormigón armado.

En general, las normas técnicas actuales del diseño y construcción de edificaciones sismorresistentes están fundamentalmente dirigidas a las estructuras construidas con tecnología desarrolladas durante el siglo XX y en su mayoría de hormigón armado. Son pocas las normativas existentes que consideran parámetros para el refuerzo de sistemas estructurales y materiales tradicionales, como: madera, ladrillos, adobe, etc.

El inventario de edificaciones de las ciudades incluye un número considerable de edificaciones y otras estructuras que fueron diseñadas y construidas antes de que se tuviera el estado del conocimiento que se tiene hoy en día en cuanto a las disposiciones sismorresistentes.

En la mayoría de ciudades nos encontramos con configuraciones urbanas, tales como los edificios continuos o adyacentes, Las edificaciones en esquina en bloques de edificaciones continuas, edificaciones altas y esbeltas y otras, así como configuraciones arquitectónicas, tales como pisos blandos, escalonamientos en fachada, espacios en semisótanos y otras, que han sido reconocidas mundialmente como disposiciones que pueden influir considerablemente la capacidad de las edificaciones para resistir los efectos producidos por los sismos. Es decir, influyen en su comportamiento sismorresistente porque pueden aumentar la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones.

En la normativa de zonificación urbana, inconsciente y, probablemente, por ignorancia se incluyen artículos que promueven, y hasta obligan en algunos casos la utilización de las antes mencionadas configuraciones urbanas y arquitectónicas.

Por otra parte, desde el punto de vista de la gestión del riesgo sísmico es una herramienta eficaz para el planeamiento urbanístico de los asentamientos poblacionales de un modo seguro, a partir de la interrelación de diversos procesos.

La primera parte del proceso es el análisis de riesgos, mediante la evaluación de las amenazas y la vulnerabilidad sísmica, lo cual permite realizar una valoración del fenómeno sísmico en el territorio, además de la vulnerabilidad de los elementos expuestos, es decir las edificaciones esenciales, líneas vitales etc.

En segundo lugar, una vez se ha identificado los riesgos, hay que plantear acciones para intervenir de un modo integral mediante el uso de procesos para la reducción del mismo, para ello hay que desarrollar estrategias de prevención como la mejora de las normas de construcción sismorresistente y usos del suelo, tanto para edificaciones e infraestructuras de nueva construcción como las ya existentes, acciones de mitigación como sería el refuerzo de estructuras ya existentes, etc.

En tercer lugar, se tiene que planear de un modo anticipado las acciones necesarias para el manejo de los eventos sísmicos, lo cual implicaría labores de preparación de grupos de rescate en estructuras colapsadas, dotados con los equipos adecuados para este tipo de acciones, capacitación de grupos especializados de ingenieros, arquitectos y constructores para la evaluación rápida de daños, acciones de respuesta rápida, fortalecimiento y mejora de las redes de monitoreo sísmico.

En cuarto lugar, está la creación de unas directrices básicas, para llevar a cabo el planeamiento de las ciudades, que presenten un nivel medio de amenaza sísmico.

En el proceso de desarrollo del planeamiento urbano, todas las ciudades deben de incorporar la gestión del riesgo sísmico como un elemento transversal y longitudinal en sus políticas sectoriales e institucionales, en ello deben de participar todos los estamentos sociales, comunitarios e institucionales, dicha gestión debe de estar en el contexto de las políticas nacionales e internacionales en la reducción de riesgos, definidas en las líneas estratégicas de acción, planteadas en los distintos documentos, resultado de convenios y cumbres internaciones como es el caso de la

Estrategia y Plan de Yokohama- 1994 ¹ y el Marco de acción Hyogo- 2005² igualmente considerando las líneas marcadas en proyectos como Sismimur³ y Rismur⁴, así como las normas sismorresistentes cte., Eurocódigo etc....

En resumen, gestionar el riesgo sísmico desde el desarrollo de las ciudades es una oportunidad, para que la planificación de estas se realice de un modo adecuado. En zonas de América del Sur se han dado algunos pasos hacia esa dirección, motivado por los acontecimientos sufridos en el pasado. Especialmente en países como Colombia y Chile.

Por otro lado, el Ministerio de Fomento debería incorporar de un modo adecuado el tema de la evaluación de riesgos en los planes de ordenación del territorio, principalmente en lo tocante al desarrollo urbanístico.

Mencionar que algunas ciudades se están adelantando con la elaboración de estudios de amenazas y microzonificación sísmica, con el fin de establecer el comportamiento de los suelos frente a las acciones sísmicas, y así definir un reglamento local en materia de diseño y construcción e infraestructuras esenciales.

Pero para poder incorporar la gestión del riesgo sísmico al planeamiento urbanístico debe de plantearse una línea estratégica en los planes de desarrollo de la administración autonómica, y estar dentro de sus políticas de desarrollo como una herramienta para la mejora de la calidad de vida de las ciudades y de su seguridad. Además de minimizar las pérdidas de las inversiones futuras en estas y en las nuevas zonas de expansión de estas. La mejorar de las existentes, así como la mejorar en zonas deprimidas.

Para diseñar de modo práctico y eficaz planes urbanísticos, planes de emergencia, además de definir medidas que mitiguen, y controlen el riesgo, es necesario generar distintos contextos de riesgo en la ciudad, para la localización de los puntos vulnerables y en zonas críticas, las cuales requieren una mayor atención. Al plantear diferentes contextos puede ayudar a la disminución del riesgo y a la creación de planes urbanísticos efectivos en cuanto al fenómeno sísmico, y junto con los planes de emergencia reducir las pérdidas tanto desde el enfoque, físico, económico y social.

Los Sistemas De Información Geográfica

Los usos de los distintos métodos para el modelado del riesgo sísmico deben adaptarse, al número de datos e información disponible, ya que los datos disponibles varían de unas ciudades a otras, esto dependerá del grado de amenazas que presenten y del desarrollo socioeconómico del área de estudio. Uno de los sistemas que se suelen utilizar para este tipo de estudios son los SIG o Sistemas de Información Geográfica. Ya que son aptos para manejar una gran cantidad de información, siendo esta de diferentes orígenes, temáticas, y además su articulación con diferentes tipos de software.

En definitiva:

Los sistemas de información geográfica son imprescindibles a la hora de analizar, depurar, homogeneizar, georreferenciar y procesar todas las informaciones de las bases de datos a nuestro alcance.

Los análisis de la vulnerabilidad sísmica en una ciudad, población de cualquier tamaño, requiere la elaboración de una base de información concreta y "a medida".

9.2.2 Estrategias a seguir. Recomendaciones.

1.- Proponemos que el desarrollo de los planes urbanísticos contenga un apartado de mitigación del riesgo en áreas urbanas ubicadas en zonas sísmicas, y que estos se realicen con un enfoque multidisciplinario y multidimensional, que abarque las diferentes escalas de intervención del sistema urbano y en el que se establezcan claramente las acciones para el desarrollo y puesta en práctica de dichos planes y las responsabilidades y atribuciones de los profesionales y autoridades que las deben llevar a cabo en cada una de las escalas de intervención.

2.- La planificación y el diseño urbano en poblaciones ubicadas en zonas sísmicas, deben considerar como factor preponderante la determinación e identificación de la amenaza sísmica. Es indispensable que tanto los organismos nacionales y locales, como los profesionales, consideren este factor en el diseño y localización de edificaciones y de otros tipos de estructuras que conforman la ciudad, para así reducir el riesgo. Por lo tanto, una zonación sísmica debe ser

incorporada como un instrumento indispensable para los planes urbanos de ciudades en zonas sísmicas y en su defecto la zonificación propuesta.

3.- Se deben establecer mecanismos para la elaboración y puesta en marcha de normas urbanas que incluyan elementos descriptivos (recomendaciones y prescripciones) y prohibiciones en cuanto a las características de las edificaciones que permitan la reducción del riesgo. Además, se debe crear una normativa urbana de zonificación y disposiciones para la mitigación del riesgo pues son los instrumentos ideales para la incorporación de variables que permitan:

- Brindar la información referente a la amenaza sísmica local requerida para diseñar y construir edificaciones de acuerdo a las condiciones locales.
- Controlar que se cumplan las recomendaciones y prohibiciones para reducir la vulnerabilidad de las nuevas zonas en desarrollo y las nuevas edificaciones
- Establecer los mecanismos para la valoración y reducción de la vulnerabilidad de las construcciones existentes.

4.- Si por razones de diseño urbano, es imprescindible incluir en la normativa de zonificación, las disposiciones que conducen a, lo que establecen como parámetros de diseño arquitectónico que han sido identificados como factores que aumentan la vulnerabilidad de las ciudades y las edificaciones, entonces se deben incluir prescripciones, recomendaciones y controles para reducir dicha vulnerabilidad.

5.- Es de suma importancia que la ubicación de edificaciones esenciales o críticas (hospitales, estaciones de bomberos, estaciones de policía, centrales eléctricas, centrales nucleares centros de telecomunicaciones etc.) sea estudiada cuidadosamente. Estas edificaciones tienen que tener un riesgo mínimo de dañarse debido a los efectos de un sismo, por lo que debe tenerse en cuenta que tanto la infraestructura como la supraestructura de cada una de ellas y la infraestructura urbana que les da servicios, deben ser diseñadas apropiadamente para el tipo de amenaza existente en el contexto donde están ubicadas.

9.3 SÍNTESIS FINAL

Por último, como resultado a los objetivos que iniciaron este trabajo en 2013, y como síntesis de la extensa investigación realizada, es un método de zonificación que apoya la gestión urbanística de suelo en áreas urbanas con riesgo sísmico, se crea con vocación de guía útil, a los distintos profesionales implicados en el planeamiento urbano y desarrollo de las ciudades, con la finalidad de crear ciudades más resilientes.

BIBLIOGRAFIA

Introducción

La bibliografía en esta tesis se ha organizado en base al siguiente criterio, suficientemente extendido, citar al autor seguido del año de la publicación.

Relación bibliográfica:

ALAFONT, L. S. Y ORTIZ, J. Análisis de la peligrosidad sísmica en el Alto Aragón utilizando un Sistema de Información Geográfica. I Jornadas de Sistemas de Información Geográfica en los riesgos naturales y en el medio ambiente, Madrid,97-109. 1999

ALVARADO C., D. Microzonificación Sísmica de la Ciudad de Valdivia. Etapa 1: determinación del peligro uniforme y Caracterización dinámica de los Suelos Empleando la Técnica de la Razón Espectral de Nakamura, Tesis Pregrado. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias de la Ingeniería.2012.

ASTROZA, M.; S. ROMAN. Vulnerabilidad sísmica de las viviendas de albañilería de bloques de hormigón construidas en el norte de Chile. XVII Jornadas Chilenas del Hormigón, 21 al 23 de octubre 2009. Santiago. Chile.2009

ATC. -13. Earthquake Damage Evaluation Data for California, ATC-13, Applied Technology Council, California, U.S.A.1985

ATC. -21. Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook, ATC-21, Applied Technology Council, California, U.S.A. 1988

ATC-25. Seismic Vulnerability and impact of disruption on lifelines in the coterminous United States. (en ingles). Applied Technology Council. Redwood City, California. 1991

ATC-3-06. Tentative provisions for the development of seismic regulations for building. (en inglés). Applied Technology Council. California. USA.1978

ATC. -40. Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings, ATC-40, Seismic Safety Commission, SSC Rep. 96-01, 1-2, California, U.S.A.1996

ATC Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook, Federal Emergency Management Agency, FEMA 154, 2da Edición.2002

- ATC. Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures, FEMA 440, California, U.S.A.2005
- BAIRES, S. Exclusión social, fronteras internas y fragmentación urbana en Centroamérica. *Revista Centroamericana de Ciencias Sociales*, VI (1), 35-55. 2009
- BAL, I., TEZCAN, S., GULAY, F. Advanced applications of the P25 scoring method for the rapid assessment of R/C buildings, 1ra ECEES, 3-8, Genova, Switzerland, Paper: 67.2006.
- BANCO MUNDIAL. Sistema de Ciudades: Estrategia del Banco Mundial para el sector urbano y los gobiernos locales. Washington. 2009
- BARBAT, A. H., YÉPEZ, F. Y CANAS, J. A. Damage scenarios simulation for seismic risk assessment in urban zones. *Earthquake spectra* 12 (3): 371-394.1996
- BARBAT, A. H. 1998. El riesgo sísmico en el diseño de edificios. (Original no consultado, citado por: BONETT D., R. L. 2003. Capítulo 2. En su: Vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificios. Aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada. Tesis Dr. Barcelona. Universidad Politécnica de Cataluña. Departamento de Ingeniería del terreno, Cartográfica y Geofísica 2003
- BARBAT, A., CARREÑO M., PUJADES, L., LANTADA, N., CARDONA, O., MURULANDA, M. Seismic vulnerability and risk evaluation methods for urban areas. A review with application to a pilot area. *Structure and Infrastructure Engineering*, 6 (1-2), 17-38. 2010
- BARBAT, A., MENA, U., YÉPEZ, F. (1998). Evaluación probabilista del riesgo sísmico en zonas urbanas, *Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería*, 14 (2), 247-268
- BASSET, L.; A. GUARDIOLA. Evaluación de la vulnerabilidad sísmica del distrito 2 - L'Eixample de la ciudad de Valencia. Cuarto Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, 18 al 20 mayo de 2011, Granada. España.2011
- BATAILLON, Cl. et al. *Géographie Universelle - Amérique latine* Hachette/Reclus.1991.
- BENEDETTI, D., PETRINI, V. SULLA vulnerabilità sismica di edifici in muratura i proposte di un metodo di valutazione. *L'Industria delle Costruzioni*, 149, 66-74.1984

- BONETT, R. Vulnerabilidad y riesgo sísmicos de edificios. Aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada, Barcelona – España: Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Cataluña.2003
- BRAGA, F., M. DOLCE, D. LIBERATORE. A Statistical study on damaged buildings and ensuing review of the MSK-76 scale.Of Seventh European Conference on Earthquake Engineering, Athens.1982
- CALDERÓN C., J. A. 2007. Capítulo 5. Inspección visual rápida de edificios para determinar potenciales peligros sísmicos. En su: Actualización de tipologías estructurales usadas en edificios de hormigón armado en Chile. Tesis Pregrado. Santiago de Chile. Universidad de Chile. Facultad de ciencias físicas y matemáticas. Departamento de Geofísica
- CALVI, G. (1999). A displacement-based approach for vulnerability evaluation of classes of buildings, *Journal of Earthquake Engineering*, 3(3), 411 – 438
- CALVI, G., PINHO, R., MAGENES, G., BOMMER, J., RESTREPO, L., CROWLEY, H. (2006). Development of Seismic Vulnerability Assessment Methodologies over the Past 30 Years, *ISET Journal of Earthquake Technology*, Paper No. 472, 43(3), 75-104
- CAPEL, H. (1975). La definición de lo urbano. *Estudios geográficos* (138-139).
- CARDONA, O., BARBAT, A. (2000). El riesgo sísmico y su prevención. Cuadernos técnicos, ed. C.S. S.R.L. 5, 190 p. Madrid.
- CARDONA, O. D. (2001). Estimación holística del riesgo sísmico utilizando sistemas dinámicos complejos. Tesis doctoral. Dpto. Ingeniería del Terreno, Cartográfica y Geofísica. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona. 322 pp
- CASTELLS, M. (1974). La cuestión urbana. México: Siglo XXI editores.
- CEN. (2004). Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance. Part 1: general rules, seismic actions and rules for buildings. EN 1998-1:2004, Brussels, Belgium.
- CEPAL. (2005). El impacto de los desastres naturales en el desarrollo: Documento metodológico básico para estudios Nacionales de caso, Informe L-64, México.

- CHÁVEZ, J. (1998). Evaluación de la vulnerabilidad y el riesgo sísmico a escala regional: Aplicación a Cataluña. Tesis doctoral. Dpto. Ingeniería del Terreno, Cartográfica y Geofísica. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona. 323 pp.
- CID, J. (1998). Zonación sísmica de la ciudad de Barcelona basada en métodos de simulación numérica de efectos locales. Tesis doctoral. Dpto. Ingeniería del Terreno, Cartográfica y Geofísica. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona. 215 pp.
- CORSANEGO, A, PETRINI, V. (1990) Seismic vulnerability of buildings. In: Proceedings of the SEISMED 3. Trieste, Italia.
- CROWLEY, H., BORZI, B., PINHO, R., COLOMBI, M., ONIDA, M. (2008). Comparison of two mechanics-based methods for simplified structural analysis in vulnerability assessment, *Advances in Civil Engineering*. ume 2008, Article ID 438379.
- DANIELL, JAMES. (2009). Comparison and Production of Open Source Earthquake Loss Assessment Packages, European School For Advanced Studies In Reduction Of Seismic Risk, Thesis de Magister, Italia.
- DANIELL, JAMES. (2011). Damaging Earthquakes Database 2010 – The Year in Review, CATDAT, integrated historical global catastrophe database, CEDIM Earthquake Loss Estimation Series Research Report 2011-01
- DELGADO RODRÍGUEZ, C. A. (1998). El mundo colonial y las interpretaciones geográficas de Vásquez de Espinoza. San José, Costa Rica.
- DELGADO RODRÍGUEZ, C. A. (1998). Ensayo sobre poblamiento en América Central. San José, Costa Rica.
- DI PASQUALE, G., ORSINI, G. ROMEO, R.W. (2005). New Developments in Seismic Risk Assessment in Italy, *Bull Earthquake Engineering*, 3(1), 101–128.
- DOGC, Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya (2003), Resolución JUI/1915/2003, de 20 de mayo, por el que se da publicidad al acuerdo del Gobierno de 13 de mayo por el que se aprueba el plan especial de emergencias sísmicas de Cataluña(SISMICAT), DOGCN.3912de26/672003, p.12896,
<http://www.gencat.net/interior/leg/2003r1915.pdf> (último acceso 23 de marzo de2017)

- DOLCE, M., KAPPOS, A., ZUCCARO, G., COBURN, A., (1994). Report of the EAEE working group 3: vulnerability and risk analysis, Technical Report 10th European conference on Earthquake Engineering. Vienna, 4, 3049–3077
- DUMOVA-JOVANOSKA, E. (2004). Fragility Curves for RC Structures in Skopje Region, Proceedings of the 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, Canada, Paper No. 3.
- ELEFThERiADOU, A., KARABINIS, A. (2011). Development of damage probability matrices based on Greek earthquake damage data, *Earthquake Engineering And Engineering Vibration*, 10(1), 129-141.
- ELLINGWOOD, B., CELIK, O., KINALI, K. (2007). Fragility assessment of building structural systems in mid-America. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*. 36, 1935–1952.
- ENSURE PROJECT. (2009). WP 1: State-of-the art on vulnerability types, Del. 1.1.1: Methodologies to assess vulnerability of structural systems, Contract No. 212045, 1–139
- ESPINOSA, M. P. (dir.), (2006-2007). Estudio urbano ambiental para la implementación de estrategias de intervención en zona sísmica. (Proyecto GIUR). Universidad Nacional de San Juan
- FAJFAR, P. (2000). Nonlinear analysis method for performance based seismic design. *Earthquake Spectra*, EERI, United States of America, 16(3), 573-591.
- FEMA. (1996). NEHRP Guidelines for the seismic rehabilitation of buildings (FEMA 273), Federal Emergency Management Agency, Washington DC, U.S.A.
- FEMA. (2000). Prestandard and commentary for the Seismic rehabilitation of buildings (FEMA 356), Federal Emergency Management Agency, Washington DC, U.S.A.
- FEMA (2003). HAZUS-MH Technical Manual, Federal Emergency Management Agency, Washington D.C, U.S.A.
- FEMA/NIBS: Federal Emergency Management Agency and National Institute of Building Sciences (1999). HAZUS' 99 Technical Manual. Earthquake Loss Estimation Methodology, vol. 1-3. Washington, D.C., USA. pp.
- FERA, G. (1991). *La città antisísmica*. Roma: Gangemi Editore

- FOLCH, R. (2003). Los conceptos socio ecológicos de partida: Principios ecológicos versus criterios territoriales. Barcelona: Ediciones de la Diputación.
- FREEMAN, S., NICOLETTI, J., TYRELL, J. (1975). Evaluations of existing buildings for seismic risk – A case study of Puget Sound Naval Shipyard, Bremerton, Washington, Proceedings of 1st U.S. National Conference on Earthquake Engineering, EERI, Berkeley, U.S.A, 113-122.
- GALASCO, A., LAGOMARSINO, S. Y PENNA, A. (2002). TreMuri Program: Seismic Analyser of 3D masonry buildings. Technical report. Universidad de Génova, Italia.pp.
- GENT, K.A.2003. Calibración del Índice de Vulnerabilidad del G.N.D.T. para Estructuras de Albañilería Confinada. Tesis Pregrado, Concepción, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Concepción
- GENT, K.A.; M. A. ASTROZA; G. M. GIULIANO. 2005. Calibración del índice de vulnerabilidad del G.N.D.T. a las edificaciones chilenas: estructuras de albañilería confinada. Congreso Chileno de Sismología e Ingeniería Antisísmica IX Jornadas. Concepción. Chile.
- GIOVINAZZI, S.; S. LAGOMARSINO. 2002. WP04: guidelines for the implementation of the I level methodology for the vulnerability assessment of current buildings, Risk UE report. Genoa. Italy
- GIOVINAZZI, S. (2005). The Vulnerability Assessment and the Damage Scenario in Seismic Risk Analysis, PhD Thesis, Technical University Carolo-Wilhelmina at Braunschweig, Germany and University of Florence, Florence, Italia.
- GIOVINAZZI, S., LAGOMARSINO, S. (2004). A Macroseismic Method for the Vulnerability Assessment of Buildings, Proceedings of the 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, Canada, Paper No. 896.
- GNDT. (1993). Rischio Sismico di edifici Pubblici-Parte I Aspetti Metodologici. CNR - Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti. Roma, Italia.
- GRÜNTAL, G. (1993). "European Macroseismic Scale 1992. Ems-92". (en inglés). Conseil de L'Europe. Cahiers du centre Européen de Géodynamique et de Séismologie. Vol. 7.
- GRÜNTAL, G. (1998). European Macroseismic Scale 1998 - EMS- 98, Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie. V o l . 15, Luxemburgo.

- HAJEK, E. Y ESPINOSA, G. (1986). Entorno al entorno: algunas precisiones. *Revista Universitaria* (17), 48-55.
- HASSAN, A., SOZEN, M.A. (1997). Seismic Vulnerability Assessment of Low-Rise Buildings in Regions with Infrequent Earthquakes, *ACI Structural Journal*, 94(1), 31-39
- HINKELAMMERT, F. (1990). *Democracia y totalitarismo*. San José, Costa Rica: DEI.
- INTERNATIONAL FEDERATION OF THE RED CROSS AND RED CRESCENT SOCIETIES. (2010) *Strategy 2020*. Geneva, Switzerland
- IRIZARRY, J. (2004). *An Advanced Approach to Seismic Risk Assessment. Application to the Cultural Heritage and the Urban System Barcelona*. Tesis doctoral. Dpto. Ingeniería del Terreno, Cartográfica y Geofísica. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona. 290 pp.
- JBDPA. (1977). *Standard for Seismic Capacity Assessment of Existing Reinforced Concrete Buildings*, Japanese Building Disaster Prevention Association, Ministry of Construction, Tokyo, Japan.
- KAPPOS, A., PANAGOPOULOS, G. (2010). Fragility curves for reinforced concrete buildings in Greece, *Structure and Infrastructure Engineering: Maintenance*, 6(1-2), 39-53
- KAPPOS, A.J., STYLIANIDIS, K.C. AND PITILAKIS, K. (1998). Development of Seismic Risk Scenarios Based on a Hybrid Method of Vulnerability Assessment, *Natural Hazards*. 17(2), 177-192.
- LAGOMARSINO, S., GIOVINAZZI, S., PODESTÀ, S. Y RESEMINI, S. (2002). *WP4-Vulnerability assesment of current buildings: I level methodology for the vulnerability assessment of current buildings and guidelines for the implementation. RISK-UE project: an advanced approach to earthquake risk scenarios with application to different European towns*. Contract No. EVK4-CT-2000-0014. 28 pp
- LAGOMARSINO, S., GIOVINAZZI, S. (2006). Macro seismic and mechanical models for the vulnerability and damage assessment of current buildings, *Bull Earthquake Engineering*, 4, 415-443

- LANTADA (2007), Evaluación del riesgo sísmico mediante métodos avanzados y técnicas GIS. Aplicación a la ciudad de Barcelona. Tesis doctoral. Dpto. Ingeniería del Terreno, Cartográfica y Geofísica. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona
- LANTADA, N., PUJADES, L., BARBAT, A. (2009). Vulnerability index and capacity spectrum based methods for urban seismic risk evaluation. A comparison, *NatHazards*. 51, 501–524.
- LAVELL, A. (2002). Desastres urbanos: una visión global. (O. d. (OPAMSS), Ed.) San Salvador: OPAMSS.
- LAVELL, A. (2004). The Lower Lempa River Valley, El Salvador: Risk Reduction and Development Project. En G. Bankoff, G. Frerks, & D. Hilhorst, *Mapping Vulnerability: Disasters, Development and People*. Earthscan, London, England.
- LAVELL, A. (2004). La Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina (LARED): antecedentes, formación y contribución al desarrollo de los conceptos, estudios y la práctica en el tema de los riesgos y desastres en América Latina: 1980-2004. Recuperado de <http://www.desenredando.org/public/varios/2004>
- LAVELL, A. (2009). Reducción del riesgo en el ámbito local: lecciones desde la Comunidad Andina. Lima, Perú.
- LINDELL. M., PRATER. C., PERRY, R. (2007). *Introduction to Emergency Management*, 1ra Edition.
- LUNGO, M., & POLÉSE, M. (1998). *Economía y desarrollo urbano en Centroamérica*. San José: FLACSO.
- MANSILLA, E. (2000). *Riesgo y Ciudad*. México.
- MANSILLA, E. (2011). Riesgo urbano y políticas públicas en América Latina: la irregularidad y el acceso al suelo. En UNISDR, *Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction*. Geneva.
- MASI, A. (2003). Seismic Vulnerability Assessment of Gravity Load Designed R/C Frames, *Bull Earthquake Engineering*, 1(3), 371-395.
- MARTEL. (2006).
- MASKREY, A. (1993). *Los desastres no son naturales*. Bogotá.

- MASSEY, D. (2008). Ciudad mundial. Caracas, Venezuela: Fundación editorial el Perro y la Rana.
- MEDVEDEV, S., SPONHEUER, W., KARNÍK, V. (1965). Seismic intensity scale version MSK 1964, UNESCO, informe WS/0565.43 AVS, Paris, 1-7
- MENA, U. (2002). Evaluación del Riesgo Sísmico en Zonas Urbanas. Tesis doctoral. Dpto. Ingeniería del Terreno, Cartográfica y Geofísica. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona. 240 pp
- MERRIAM-WEBSTER. (2011). Merriam-Webster's Collegiate Dictionary, Eleventh Edition. Recuperated in 2011 from Merriam-Webmaster: www.merriam-webster.com
- MICHEL, C., GUÉGUEN, P., CAUSSE, M. (2012). Seismic vulnerability assessment to slight damage based on experimental modal parameters, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 41, 81-98
- MILUTINOVIC, Z. & TRENDAFILOSKI, G. (2003). RISK-UE. An advanced approach to earthquake risk scenarios with applications to different European towns. WP4: Vulnerability of current buildings. RISK-UE – EVK4-CT-2000-00014.
- MOUROUX, P., BERTRAND E., BOUR M., LE BRUN B., DEPINOIS S., MASURE PHILIPPE, (2004). The European RISK-UE Project: An Advanced Approach To Earthquake Risk Scenarios, 13th World Conference on Earthquake Engineering Vancouver, B.C., Canada, Paper No. 3329
- MOLINA, S.; LANG D.H., LINDHOLM C.D. (2010). "SELENA - An open-source tool for seismic risk and loss assessment using a logic tree computation procedure". *Computers & Geosciences*, 36, 257-269
- MONKHOUSE, F. (1978). Diccionario de términos geográficos. Barcelona: Oikos-tau
- MORENO, R. (2006). Análisis no lineal estático y dinámico para la evaluación del riesgo sísmico en edificios: aplicación a diversos escenarios sísmicos de Barcelona. Tesis doctoral. Dpto. Ingeniería del Terreno, Cartográfica y Geofísica. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona. 332 pp.
- MV101 (1963). Norma N.V.101-1962. Acciones en la edificación. Ministerio de la Vivienda, decreto del 17 de enero de 1963 (195/1963). pp.

NACIF, N. E. ET AL. (2008-2010). Lineamientos estratégicos para un desarrollo urbano rural sustentable del Dpto. Pocito. (Proyecto CICIPCA 21/A832). San Juan: Facultad de Arquitectura Urbanismo y Diseño, Universidad Nacional de San Juan.

NACIF, N. E.; ESPINOSA, M.; RODRÍGUEZ, N. B. Y BATADI, M. E. (2000-2002). Vulnerabilidad sísmica urbana: estudio del aspecto funcional. San Juan: Proyecto GIUR, Universidad Nacional de San Juan.

NCSE-02 (2002). Norma de Construcción Sismorresistente Española. Parte General y de Edificación, Comisión Permanente de Normas Sismorresistente, Real Decreto 997/2002 del 27 de septiembre de 2002, Boletín Oficial del Estado nº 244, viernes 11 de octubre de 2002. Ministerio de Fomento. 35898-35987 pp

NIBS. (1999). HAZUS 99 Technical Manuals, Federal Emergency Management Agency, Washington D.C, U.S.A

NIBS, National Institute of Buildings Sciences (2000), <http://www.nibs.org/hazusweb/index.htm> (último acceso 23 de marzo de 2014)

OKAZAKI, K. Y RADIUS, T. (2000). RADIUS initiative for IDNDR- How to reduce urban seismic risk. 12th World Conference on Earthquake Engineering, Auckland, New Zealand, CD-ROM.

OZDEMIR, P., BODUROGLU, M., ILKI, A. (2005). Seismic Safety Screening Method, Proceedings of the International Workshop on Seismic Performance Assessment and Rehabilitation of Existing Buildings (SPEAR), Ispra, Italy, Paper No. 23

PARK, Y., ANG, A. (1985). Mechanistic Seismic Damage Model for Reinforced Concrete, Journal of Structural Engineering, 111(4), 722-739.

PASCUAL, G. Y CARREÑO, E. (1999). Susceptibilidad al movimiento del terreno: Aproximación mediante un SIG. 1er Seminario Iberoamericano sobre nuevas tecnologías y gestiones de catástrofes. Resúmenes de la sesión técnica, Madrid

PDS-1(1974). Norma Sismorresistente P.D.S.-1. Comisión Interministerial de la Presidencia del Gobierno, Decreto de 30 de agosto de 1974, BOE, 279, 21 de noviembre de 1974. 3723-3740 pp.

PGS-1 (1968). Decreto 106/1968, de 16 de enero, por el que se aprueba la aplicación de la «Norma Sismorresistente PGS 1 (1968), parte A». Presidencia del Gobierno. BOE 30/1968. Fecha de publicación. 04/02/1968. 1658 pp.

PUJADAS, R., & FONT, J. (1998). Ordenación y planificación territorial. Madrid, España: Síntesis.

PUHADES, L. G.; A. H. BARBAT. 2004. Metodología de estimación de la vulnerabilidad sísmica de las construcciones clasificadas de “importancia especial” en la NCSE-02, Informe Técnico N° IT-438, noviembre 2004. Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería, Barcelona. España

PRIESTLEY, M. (1997). Displacement-based seismic assessment of reinforced concrete buildings. *Journal of Earthquake Engineering*, 1(1), 157-192.

PRIESTLEY, M., CALVI G., KOWALSKI M. (2007). Displacement-based seismic design of structures. IUSS Press. Pavia. Italia.

RADIUS, Risk Assessment tools for Diagnosis of Urban areas against Seismic Disasters (2000), <http://www.geohaz.org/contents/projects/radius.html> (último acceso 16 de marzo de 2017)

REAL ACADEMIA ESPAÑOLA DE LA LENGUA. (2011). Diccionario de la lengua española. Recuperado el 2011, de Real Academia Española: www.rae.es

RICHTER, C. F., (1958), *Elementary Seismology*: San Francisco, California, (en inglés). W. H. Freeman and Company, 768 p.

RISK-UE (2003), An advanced approach to earthquake RISK scenarios with applications to different European towns. European Commission 5FP - City of Tomorrow and Cultural Heritage. CEC Contract Number: EVK4-CT-2000-00014. Duration: 44 Months (15/01/2001-30/09/2004), <http://www.risk-ue.net/> (último acceso 23 de marzo de 2014)

ROBINSON, D., FULFORD, G., & DHU, T. (2006). EQRM: Geoscience Australia's Earthquake Risk Model: Technical Manual Version 3.0. Geoscience Australia.

ROCA, A., GOULA, X., SUSAGNA, T., CHÁVEZ, J., GONZÁLEZ, M. Y REINOSO, E. (2006). "A Simplified Method for Vulnerability Assessment of Dwelling Buildings and Estimation of Damage Scenarios in Catalonia, Spain". *Bulletin of Earthquake Engineering* 4 (2): 141-158.

- ROITMAN, D. Y OTROS (1996). San Juan: la ciudad y el oasis. San Juan: EFU.
- ROITMAN, D.; NACIF, N. E.; MARTINET, M.; ESPINOSA, M. P. Y DEIANA, M. E. (1994-1995). Ciudad y sismo. San Juan: Universidad Nacional de San Juan.
- ROSSETTO, T., ELNASHAI, A. (2005). A New Analytical Procedure for the Derivation of Displacement-Based Vulnerability Curves for Populations of RC Structures, *Engineering Structures*, 7(3), 397-409.
- SAFINA, SALVADOR. (2003). *Vulnerabilidad sísmica de edificaciones esenciales. Análisis de su contribución al riesgo sísmico*, Universitat Politècnica de Catalunya. Departament d'Enginyeria del Terreny, Cartogràfica i Geofísica, Tesis doctoral. Barcelona, España.
- SAGRE, R. (1976). Las estructuras ambientales de América Latina. México: Siglo XXI editores
- SANDI, H. (1986). "Vulnerability and risk analysis for individual structures and systems". (en inglés). Report of the Working Group of the European Association for Earthquake Engineering. Proceedings of the 8th ECEE. Lisbon. Portugal
- SANDI, H., POMONIS, A., FRANCIS, S., GEORGESCU, E., MOHINDRA, R., BORCIA, I. (2008). Development of a nationwide seismic vulnerability estimation system, *Constructii*, 1, 28-47
- SECANELL, R. (1999). *Avaluació de la perillositat sísmica a Catalunya: anàlisi de sensibilitat per a diferents models d'ocurrència i paràmetres sísmics*. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona. Barcelona. 335 pp. (en catalán)
- SERGISAI, SEismic Risk evaluation through integrated use of Geographical Information Systems and Artificial Intelligence techniques. (1998), Commission of the European Communities Directorate General XII for Science, Research and Development Contract: ENV4-CT96-0279, <http://sergisai.mi.ingv.it/> (último acceso 25 de marzo de 2017)
- SES2002 (2002). Simulación de escenarios sísmicos, SES 2002. Manual técnico. Ministerio del Interior. Dirección General de Protección Civil e Instituto Geográfico Nacional, Madrid. 47 pp.
- SICA. (2009). Política Centroamericana para la Gestión Integral del Riesgo. Guatemala.

- SILVA B., N. A. 2011. Vulnerabilidad sísmica estructural en viviendas sociales, y evaluación preliminar de riesgo sísmico en la región metropolitana. Tesis Magister. Santiago de Chile. Universidad de Chile. Facultad de ciencias físicas y matemáticas. Departamento de Geofísica
- SISMICAT (2003), Pla especial d'emergències sísmiques a Catalunya, 33 pp., http://www.gencat.net/interior/esc/docs/esc_sismicat.pdf (último acceso 27 de marzo de 2017) (en catalán)
- SINGHAL, A., KIREMIDJIAN, A. (1998). Bayesian updating of fragilities with application to RC frames. *Journal of Structural Engineering*, 124(8), 922–929.
- SPENCE, R., COBURN, A., POMONIS, A. (1992). Correlation of Ground Motion with Building Damage: The Definition of a New Damage- Based Seismic Intensity Scale, *Proceedings of the Tenth World Conference on Earthquake Engineering*, Madrid, España, 1, 551-556.
- THERMOU, G., PANTAZOPOULOU, S. (2011). Assessment Indices For The Seismic Vulnerability Of Existing R.C. Buildings, *Earthquake Engineering And Structural Dynamics*. 40, 293–313
- TORRICO CANAVIR, G. E. (2008). Los enfoques teóricos del desastre y la gestión local del riesgo. La Paz, Bolivia: OXFAM.
- TRICART, J. (1992) "Dangers et Risques naturels et technologiques" En: *Ann. Géol.* 565: 257-28(1994) "¿Les catastrophes naturelles sont-elles un phénomène social?" En: *Ann. Géol.* No 577: 300-315
- UGEL, R. HERRERA, I., VIELMA, J., PUJADES, L. (2012). Análisis de escenarios de riesgo sísmico para toma de decisiones. Aplicación a edificio porticado de concreto armado en el municipio valencia, *Ingeniería y Sociedad UC*, 7(1), 20-34.
- UNISDR. (2009). Terminología sobre reducción de desastres. Ginebra, Suiza: UNISDR.
- UNISDR. (2011). Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction 2011. Geneva: UNISDR.
- VAN LIDTH DE JEUDE, M., & SCHÜTTE, O. (2010). Cultura y desarrollo urbano en la Gran Área Metropolitana de Costa Rica. Cuaderno de Ciencias Sociales.

- VAN OSS, A. (1981). La población de América Central hacia 1800. En A. d. Guatemala, *Anales de la Academia de Geografía e Historia de Guatemala*. Guatemala.
- WILCHES-CHAUX, G. (1993). *¿Y qué es eso, Desarrollo Sostenible? Bogotá: CORPES de la Amazonia*.
- WISNER, B., BLAIKIE, P., CANNON, T., & DAVIS, I. (2004). *At Risk: Natural Hazards, people's vulnerability and disaster*. Oxford: Routledge
- YÉPEZ, F. (1994). Vulnerabilidad Sísmica de Edificios de Mampostería para Estudios de Riesgo Sísmico. Tesis doctoral. Tesis de Master, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona. pp.
- YÉPEZ, F. (1996). Metodología para la evaluación de la vulnerabilidad y riesgo sísmico de estructuras aplicando técnicas de simulación. Tesis doctoral. Dpto. Ingeniería del Terreno, Cartográfica y Geofísica. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona (Spain). 215 pp.
- YEPEZ, F., BARBAT, A. H. Y CANAS, J. A. (1995). Simulación de escenarios de daño para estudios de riesgo sísmico. Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería, CIMNE, Barcelona, monografía IS-14. 103 pp.

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

FIGURAS

Figura 2.1. Porcentaje urbano y localización de aglomeraciones con al menos 500.000 habitantes.....	32
Figura 2.2. Factores naturales de riesgo.....	46
Figura 2.3. Mapa de catástrofes y pérdidas en el año 2015.....	50
Figura 2.4. Pérdidas por catástrofes naturales en todo el mundo entre 1980-2013..	50
Figura 4.1 Estados de daño según la escala EMS-98.....	97
Figura 4.2. Cuantificación de los términos de cantidad en la escala EMS-98.....	98
Figura 4.3. Cuantificación de los términos de cantidad en la escala EMS-98 y definición de pertenencia.....	106
Figura 4.5. Factores de daño medio correspondientes a las matrices de probabilidad de daño definidas funciones de pertenencia, en escala EMS-98.....	108
Figura 4.6. Funciones de pertenencia a las clases de vulnerabilidad de EMS-98.	109
Figura 4.7. Funciones semiempíricas de la vulnerabilidad que relacionan la intensidad con el daño para las diferentes tipologías de la matriz de tipos de edificios de Risk-UE.....	110
Figura 4.8. Ejemplo de capas temáticas del Sistema de información Geográfica.	113
Figura 5.1. Técnicas de análisis de evaluación de vulnerabilidad.....	121
Figura 5.2. Esquema de etapas fundamentales del análisis.....	122
Figura 5.3. Componentes de la evaluación del riesgo sísmico y métodos para evaluar la vulnerabilidad.....	123
Figura 5.4. Funciones de vulnerabilidad para diferentes valores del índice de daño.....	126
Figura 5.5. Curvas de vulnerabilidad de Spence et al.(1992) para pórticos de hormigón armado utilizando el PSI y MKS.....	128
Figura 5.6. Componentes de cálculo de las curvas de fragilidad y matrices de probabilidad de daño con métodos analíticos.....	131
Figura 5.7. MEC para determinar el punto de capacidad por demanda.....	134
Figura 7.1. Esquema de tipos de planes.....	149
Figura 7.2. Daños en Lorca indicando edificios declarados con etiqueta amarilla (daños moderados) y roja (daños graves) por distrito censal y tipo de suelo,	

elaborado con datos del 1 de junio de 2011. Se indican las ruinas previas al terremoto en color rosa.....	158
Figura 7.3. Distribución de fallas (QAFL.2.0) en Lorca y clasificación del suelo, superposición fallas activas en la zona.....	160
Figura 7.4. Clasificación del suelo de la ciudad de Lorca (Navarro et al., 2012según el Eurocódigo EC8 (2008) y basada en la velocidad media de ondas S en los primeros 30 m (VS30 en m/s). Derecha. - Periodos predominantes del suelo obtenidos con la técnica HVSR.....	170
Figura 7.5. Cartografía geológica de ciudad de Lorca (según Alcalá et al., 2012). Escala original 1:10.000. El cuadro adjunto describe cada material geológico. (a) Contacto geológico indiferenciado; (b) falla normal; (c) falla inversa; (d) falla supuesta; (e) perfiles geológicos A-A', B-B'; (f) contorno urbano (línea azul gruesa); (g) carreteras principales. SP1 a SP11: Localización de los arrays para SPAC.....	171
Figura 7.6 Espectros de respuesta típicos y tipos de edificaciones que son afectadas. Fuente: (Coburn y Spence. 1992).....	172
Figura 7. 7. Discontinuidad de elementos vertical.....	173
Figura 7. 8. Simetría en Elevación. Fuente: propia.....	176
Figura 7.9 Ejemplos de estructuras con irregularidad tipo "Piso Blando"	178
Figura 7. 10. Ejemplos de Irregularidad tipo "Piso Blando"	179
Figura 7.11 Desplazamiento generado por un sismo en: (a) un edificio regular, (b) edificio de planta baja libre.....	180
Figura 7.12. Daño en pilares cautivos.....	182
Figura 7.13. Formas que comúnmente producen Torsión.....	182
Figura .7.14: Ejemplo de diferencia de altura en las sub-parcelas contiguas que forman un edificio. A) vista en planta, B) vista en 3D.....	184
Figura 7.15. Formas que comúnmente producen Torsión.....	185
Figura 7.16: Edificios penalizados por irregularidad en planta. A) Edificio con RC de 0.37 y modificador +0.04. B) Edificio con RC de 0.57 y modificador de +0.0.....	189
Figura 7.17 Simetrías en planta respecto de los ejes.....	190
Figura 7.18. Formas de las esquinas entrantes.....	192
Figura7.19. Edificaciones con áreas entrantes.....	193

Figura 7.20	Tipologías de manzanas. Fuente: propia.....	195
Figura 7.21	Tipo de alineaciones en residencia unifamiliar. Fuente: propia.....	199
Figura 7.22:	Ejemplo de edificios con posiciones diferentes dentro de la manzana o grupo de edificios. A) Edificio terminal. B) Edificio intermedio. C) Edificio esquina. Fuente:((Lantada).....	199
Figura 7.23	Modificadores Mhf, en función del número de plantas de los edificios adyacentes.....	202
Figura 7.24	Clasificación zonas.....	204
Figura 7.25	Clasificación zona A.....	213
Figura 7.26	Clasificación zona B.....	214
Figura 7.27	Clasificación zona C.....	215
Figura 7.28	Clasificación zona D.....	216

TABLAS

Tabla 2.1. Características de los urbano.....	33
Tabla 2.2. Tipos de asentamiento.....	34
Tabla 2.3. Estructuras de las áreas urbanas.....	35
Tabla 2.4. Urbanos vs Rural.....	39
Tabla 2.5. Factores de riesgo y consecuencia de los desastres.....	49
Tabla 3.1 Morfologías de las geometrías urbanas. Contornos.....	63
Tabla 3.2. Morfologías de las geometrías urbanas. Orientación y superficie.....	63
Tabla 3.3. Morfologías de las estructuras urbanas. Usos del suelo.....	66
Tabla 3.4. Morfologías de las estructuras urbanas. Formas estructurales.....	66
Tabla 3.5. Morfologías de las estructuras urbanas. Sistema viario.....	67
Tabla 3.6. Texturas urbanas.	68
Tabla 3.7. Morfología y aspecto natural.....	69
Tabla 3.8. Morfología y aspecto socio-económico.....	71
Tabla 3.9. Morfología y cultura.....	73
Tabla 4.1. Descripción simplificada de la Escala Macrosísmica Europea EMS-98	91
Tabla 4.2. Grados o estados de daño definidos en la escala MKS.....	96
Tabla 4.3. Estados de daño con valor central del Factor de daño (DF).....	99
Tabla 4.4. Matrices de probabilidad de daño difusas propuestas en la escala EMS-98 para las clases de vulnerabilidad de edificios tipo C.....	105
Tabla 4.5. Límites de las funciones de pertenencia a cada clase de vulnerabilidad de la EMS-98.....	109
Tabla 7.1. Clasificación del terreno propuesta por la NCSE-02.....	162
Tabla 7.2. Clasificación del terreno propuesta por el EC8.....	163
Tabla 7.3. Clasificación del terreno propuesta por BORCHERDT.....	164
Tabla 7.4 Amplificación por efecto topográfico.....	168
Tabla 7.5. Factores de amplificación para tipos de terreno.....	169
Tabla 7.6. Índices de vulnerabilidad propuestos para los edificios de la matriz de tipologías del proyecto Risk-UE.....	175
Tabla 7.7. de Clasificación de edificación según altura.....	177

Tabla 7.8. Modificador en función de las irregularidades verticales.....	180
Tabla 7. 9. Modificador en función del Piso Blando.....	183
Tabla 7.10. Modificador en función del Estado de Conservación.....	186
Tabla 7. 11. Modificador en función del Estado de la Cubierta.....	186
Tabla 7.12. Modificador en función de los cimientos.....	186
Tabla 7.13. Modificador en función del número de plantas del edificio según su tipología.....	188
Tabla 7.14. Modificador en función de la regularidad en planta del edificio. ...	190
Tabla 7.15. Ordenación urbanística y tipologías edificatorias.....	199
Tabla 7.16. Modificador en función de la posición del edificio.....	201
Tabla 7.17 Separación entre edificaciones.....	205
Tabla 7.18 Relación entre los factores urbanísticos relativos al vial y la peligrosidad sísmica.....	206
Tabla 7.19 Relación entre los factores urbanísticos relativos a la manzana y la peligrosidad sísmica.....	206
Tabla 7.20. Relación entre los factores urbanísticos relativos la parcela y la peligrosidad sísmica.....	206
Tabla 7.21. Relación entre los factores urbanísticos relativos a la posición y la peligrosidad sísmica.....	206
Tabla 7.22. Relación entre los factores urbanísticos relativos a la intensidad de edificación y la peligrosidad sísmica.....	207
Tabla 7.23. Relación entre los factores urbanísticos relativos al volumen y la peligrosidad sísmica.....	207
Tabla 7.24. Relación entre los factores urbanísticos relativos al vial. y la vulnerabilidad.....	207
Tabla 7. 25. Relación entre los factores urbanísticos relativos a la manzana y la vulnerabilidad.....	207
Tabla 7.26. Relación entre los factores urbanísticos relativos a la parcela y la vulnerabilidad.....	208
Tabla 7.27. Relación entre los factores urbanísticos relativos a la posición y la vulnerabilidad.....	208

Tabla 7.28. Relación entre los factores urbanísticos relativos a la I. edificación y la vulnerabilidad.....	208
Tabla 7.29. Relación entre los factores urbanísticos relativos al volumen y la vulnerabilidad.....	208
Tabla 7.30. Amplificación por efecto topográfico (Borcherdt,1994).....	209
Tabla 7.31 Factores de amplificación para los tipos de terreno (Borcherdt, 1994).	210

FICHAS

Ficha 1

Ficha 2

Ficha 3

Ficha 4

Ficha 5

Ficha 6

Ficha 7

Ficha 8

Ficha 9

Ficha 10

Ficha 11

Ficha 12

Ficha 13

Ficha 13

Ficha 15

Ficha 16

Ficha 17

Ficha 18

Ficha 19

Ficha 20

Ficha 21

Ficha 22

Ficha 23

Ficha 24

Ficha 25

Ficha 26

Ficha 27

Ficha 28

Ficha 29

Ficha 30

Ficha 31

Ficha 32

Ficha 33

Ficha 34

Ficha 35

Ficha 36

Ficha 37

Ficha 38

Ficha 39

Ficha 40

Ficha 41

Ficha 42

Ficha 43

Ficha 44

Ficha 45

Ficha 46

Ficha 47

Ficha 48

CONCEPTOS BÁSICOS

Aceleración sísmica: Aceleración del movimiento del suelo generado por las ondas sísmicas generadas por un terremoto.

Aceleración espectral (de periodo τ) (SA (τ)): Es la aceleración máxima de respuesta de un oscilador libre de un grado de libertad, ante un movimiento de entrada en su base y de periodo τ . La velocidad espectral y la aceleración espectral se pueden relacionar mediante la expresión $SA(\tau) = 2 \cdot \pi \cdot SV(\tau) / \tau$.

Aceleración pico del suelo (PGA): Valor máximo que toma la aceleración en el acelerograma. Normalmente se considera que la PGA es la aceleración espectral de periodo cero.

Árbol lógico: Herramienta lógica que se utiliza para incorporar distintas opciones en el cálculo de la peligrosidad sísmica, asignándoles pesos que representan la verosimilitud del analista de que la opción correspondiente reproduzca el caso real. El árbol lógico se compone de nodos, que representan elementos que intervienen en el cálculo, y ramas, que representan diferentes opciones alternativas para esos elementos.

Coordenadas hipocentrales: Son las coordenadas del foco sísmico. Están formadas por las coordenadas epicentriales y la profundidad focal.

Desagregación: Técnica de tratamiento de los resultados del estudio probabilista de peligrosidad sísmica utilizada para definir el terremoto de control. Consiste en determinar las contribuciones relativas a la peligrosidad de diferentes intervalos de magnitud, distancia y otras variables, siendo el intervalo que mayor contribución presenta el que define el terremoto de control. La desagregación se puede realizar para cada variable por separado o para varias variables conjuntamente.

Elementos en riesgo: Población, edificaciones, obras de ingeniería civil, actividades económicas y servicios públicos que se encuentren en peligro en un área determinada.

Epicentro: Proyección del hipocentro sobre la superficie terrestre.

Escala EMS: Escala Europea de Intensidad Macrosísmica (en inglés, EuropeanMacroseismic Scale).

Escala MSK: Escala de Intensidad Macrosísmica de Medvedev, Sponheuer y Karnik, ampliamente utilizada en Europa, sobre todo hasta la aparición de la escala EMS.

Falla: Zona de fractura dentro de la Tierra en la que se ha producido movimiento relativo entre las dos partes en las que queda dividida la misma.

Falla activa: Falla que presenta evidencias de movimiento en tiempos recientes (por ejemplo, en los últimos 10.000 años).

Hipocentro: Punto donde se produce el terremoto.

Intensidad sísmica: Número escalado que indica los daños o efectos de un terremoto en un lugar determinado sobre las personas, estructuras y material terrestre. La escala ampliamente utilizada en Europa y España era la MSK, con grados de I a XII, hasta la aparición de la escala EMS (Escala Europea de Intensidad Macrosísmica).

Isosista: Línea que une puntos de igual intensidad sísmica.

Magnitud: Cuantificación de la energía liberada por un terremoto basada en la medida instrumental de la amplitud de las ondas sísmicas. Hay diferentes escalas dependiendo del tipo de onda medida. La más utilizada es la escala de Richter.

Magnitud de la fase Lg (mbLg): Parámetro de tamaño del terremoto que se basa en la amplitud y en el periodo del tren de ondas Lg. Es el tipo de magnitud utilizado en el catálogo del IGN.

Magnitud momento (Mw): Parámetro de tamaño del terremoto derivado del momento sísmico escalar, que se define como el producto de la superficie de ruptura en el plano de falla, el desplazamiento neto en la falla ó dislocación y el coeficiente de rigidez. Es el parámetro de tamaño que mejor correlaciona con la energía liberada por el terremoto.

Magnitud de ondas internas (mb): Parámetro de tamaño del terremoto deducido a partir de la amplitud y del periodo de ondas internas.

Magnitud de ondas superficiales (Ms): Parámetro de tamaño del terremoto deducido a partir de la amplitud y del periodo de ondas superficiales.

Método determinista: Método de cálculo de la peligrosidad sísmica basado en la hipótesis de que la sismicidad futura será igual que la ocurrida en el pasado.

“Método probabilista: Método de cálculo de la peligrosidad sísmica basado en que, conocida la sismicidad pasada, se pueden establecer las leyes estadísticas que definen los fenómenos sísmicos de una zona.

Método zonificado: Método de cálculo de la peligrosidad sísmica en el que se consideran las fuentes sismogénica, es decir, zonas de características sismotectónicas comunes.”

“Modelo del movimiento fuerte del suelo: O simplemente, modelo del movimiento, es una expresión matemática que da el valor del parámetro del movimiento en un emplazamiento dado en función de su distancia a la fuente y de la magnitud del sismo y, frecuentemente, en función de otras variables como el tipo de suelo, el mecanismo focal, etc. También se denomina ley de atenuación y relación de predicción del movimiento. Frecuentemente se considera que el logaritmo del parámetro del movimiento predicho con el modelo del movimiento sigue una distribución normal.”

“Modelo del terremoto característico. Modelo de recurrencia de temporal de terremotos que asume que cada determinado tiempo (denominado periodo de recurrencia) se produce un terremoto de gran magnitud (denominado terremoto característico).”

“Movilización Conjunto de operaciones o tareas para la puesta en actividad de medios, recursos o servicios que hayan de intervenir en emergencias.

Peligrosidad sísmica Probabilidad de que en un lugar determinado y durante un periodo de tiempo de referencia ocurra un terremoto que alcance o pase de una intensidad determinada. Su inversa es el periodo de retorno.

Periodo de recurrencia: Es el intervalo de tiempo que transcurre entre la ocurrencia de un gran terremoto y otro en el modelo del terremoto característico.

Período de retorno: Es la inversa de la probabilidad anual.

Profundidad focal: Profundidad a la que se produce un terremoto.

Réplicas: Terremotos que siguen al terremoto principal de una zona y ligados genéticamente con él.”

“Riesgo sísmico: Número esperado muertes, personas heridas, daños en bienes en propiedad y alteración de la actividad económica por la ocurrencia de sismos.”

Terremoto característico: Terremoto de gran magnitud que ocurre aproximadamente periódicamente que define la sismicidad de una fuente sismogénica de acuerdo con el modelo del mismo nombre.

Terremoto de control: Es el terremoto que presenta mayor contribución a la peligrosidad para un nivel de movimiento objeto determinado. En estudios probabilistas, se usa la técnica de la desagregación de la peligrosidad para conocer las características de dicho terremoto (típicamente, la magnitud y la intensidad).

Velocidad pico del suelo (PGV): Valor máximo que toma la velocidad en el registro ó historia temporal de velocidades.

Vulnerabilidad sísmica: Es el grado de pérdida de un elemento en riesgo dado, expresado en una escala de 0 (sin daño) a 1 (pérdida total), que resulta de la ocurrencia de un terremoto de una determinada magnitud.

Zona sismogénica: Zona extensa que representa la proyección en superficie de un volumen de litosfera con características sismotectónicas homogéneas. Se considera que la ocurrencia de un sismo en los diferentes puntos de la zona es equiprobable en el espacio y en el tiempo.

Zonificación: Es una división del terreno en diferentes fuentes sismogénicas (zonas o fallas) de acuerdo con un o unos determinados criterios sísmicos, tectónicos, geomorfológicos, etc.