



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCOLA TÈCNICA
SUPERIOR
D'ARQUITECTURA

Grado en Fundamentos de la Arquitectura

Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica del Barrio de Beteró, Valencia

NEREA SEGUÍ MARÍ

Tutoras: Guardiola Villora, Arianna Paola Y Basset Salom, Luisa
2022/2023

Universidad Politécnica de Valencia – Escuela Técnica Superior de Arquitectura

Resumen

El presente trabajo Fin de Grado tiene como objetivo evaluar la vulnerabilidad sísmica de los edificios residenciales dentro del Barrio Beteró, perteneciente al distrito de Poblados Marítimos en Valencia. Para ello se empleará el método del Índice de Vulnerabilidad Risk-UE, dentro del proyecto Risk-UE Nivel 1. Este proyecto surgió al principio de este milenio para establecer un sistema de evaluación de la Vulnerabilidad frente a sismos propio para las ciudades de Europa.

Se realizará en fases marcadas. Primeramente, se creará una base de datos apoyada en los datos geométricos y espaciales que ofrece el Catastro. Esta base se complementará con una visita de campo que permita obtener los datos que resten y sean necesarios para la aplicación del método, entre otros, las tipologías estructurales de cada caso residencial en Beteró.

Al obtener los datos y con el apoyo de las referencias existentes, se establecerán los Índices de Vulnerabilidad de cada tipología y los factores modificadores propios de cada caso que influyan en la vulnerabilidad. Por último, se calculará los Índices de Vulnerabilidad Finales. Todo ello se complementará mediante cartografías elaboradas con un sistema de información geográfica (SIG) que permitan visualizar los resultados obtenidos con facilidad.

Resum

El present treball Fi de Grau té com objectiu avaluar la vulnerabilitat sísmica del edificis residencials dintre del barri Beteró, pertanyent al districte de Poblats Marítims en València. S'utilitzarà l'Índex de Vulnerabilitat Risk-UE, dins del projecte Risk-UE Nivell 1. Aquest projecte va sorgir al principi d'aquest mil·lenni per a establir un sistema d'avaluació de la Vulnerabilitat davant sismes propi per a les ciutats d'Europa.

Es realitzarà en diferents fases marcades. Primerament, es crearà una base de dades suportada en les dades geomètriques i espacials que ofereix el Cadastre. Aquesta base es complementarà amb visites de camp que puguin permetre obtenir les dades restants i siguin necessàries per a l'aplicació del mètode, entre d'altres, les tipologies estructurals de cada cas residencial a Beteró.

Al obtenir les dades i amb el suport dels referents existents, s'establiran els Índex de Vulnerabilitat de cada tipologia i els factors modificadors propis de cada cas que influeixin en la vulnerabilitat. Per últim, es calcularan els Índexs de Vulnerabilitat Finals. Tot això es complementarà mitjançant cartografies elaborades amb un sistema d'informació geogràfica (SIG) que pugui permetre visualitzar els resultats obtinguts amb facilitat.

Summary

This Final Degree project aims to evaluate the seismic vulnerability of residential buildings within the Beteró neighbourhood, belonging to the district of *Poblados Marítimos* in Valencia. For this, the Risk-EU Vulnerability Index method, within the Risk-EU project Level 1, will be used. This project emerged at the beginning of this millennium to establish a system to assess the vulnerability against earthquakes for cities in Europe.

It will be carried out in different phases. First, a database will be created based on the geometric and spatial data offered by the Spanish Cadastre. This database will be complemented with a field visit that will allow obtaining the remaining data that is necessary for the application of the method, among others, the structural typologies of each residential case in Beteró.

After obtaining the data and with the support of existing references, the Vulnerability Indexes of each typology and the modifying factors of each case that influence the vulnerability will be established. Finally, the Final Vulnerability Indexes will be calculated. All of this will be complemented by cartographies elaborated with a geographic information system (GIS) which will allow to visualize the results obtained with ease.

Palabras Clave

Beteró

Risk-UE

Vulnerabilidad sísmica

Poblados Marítimos

Índice de Vulnerabilidad

Paraules Clau

Beteró

Risk-UE

Vulnerabilitat sísmica

Poblats Marítims

Índex de Vulnerabilitat

Key Words

Beteró

Risk-UE

Seismic Vulnerability

Poblats Marítims

Vulnerability Index

Palabras

Índice

RESUMEN	1
PALABRAS CLAVE	1
PALABRAS CLAVE	1
ÍNDICE	2
1. INTRODUCCIÓN	3
1.1. Situación geográfica	4
1.2. Marco histórico	4
1.2.1. Origen: Expansión del Cabañal	5
1.2.2. Primera gran expansión: Vivienda social de los años 60	6
1.2.3. Última expansión: Avenida Blasco Ibáñez	7
1.2.4. Beteró en la actualidad	8
1.3. Marco demográfico	9
1.4. Marco formal	9
1.4.1. Zona Norte	9
1.4.2. Zona Intermedia	10
1.4.3. Zona Sur	11
1.4.4. Conclusiones del análisis formal	13
1.5. Terremotos	13
1.6. El método: Risk-UE	14
1.6.1. Estudio de la Vulnerabilidad	15
2. METODOLOGÍA	16
2.1. Base de datos	16
2.2. Obtención de datos I: Bases de datos	17
2.3. Obtención de datos II: Visita de campo	17
2.4. Desarrollo del estudio	19
3. ESTUDIO DE LA VULNERABILIDAD	19
3.1. Matriz de tipologías de edificios (BTM)	19
3.2. Índice de Vulnerabilidad Inicial	23
3.3. Modificadores	23
3.3.1. Modificador regional Mr	24
3.3.2. Modificadores de comportamiento	29
3.3.2.1. Modificadores de comportamiento: Propiedades del edificio	29
3.3.2.2. Modificadores de comportamiento: Propiedades del entorno	39
4. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD FINAL	41
4.1. Efecto de los modificadores.	42
4.1.1. Efecto de los modificadores: Casos con mayor reducción de vulnerabilidad	43
4.1.2. Efecto de los modificadores: Casos con mayor aumento de vulnerabilidad	44
4.2. Resultados: Índice de Vulnerabilidad Final	45
4.3. Mapas de Índices de Vulnerabilidad caso por caso. División sectorial	50
5. CONCLUSIONES	52
5.1. Objetivos de Desarrollo Sostenible dentro del Estudio	53
BIBLIOGRAFÍA	55
ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS	57

ANEXO 1: Cartografía nomenclatura

ANEXO 2: Base de datos del estudio

1. Introducción

La arquitectura implica una visión multidisciplinar que determina el día a día de la sociedad. Los edificios son parte fundamental de nuestras acciones. Forman parte del escenario y suelen definir cada rol en el momento. Los edificios son parte de la vida cotidiana, pero también de las ocasiones especiales y más destructivas.

Por ello, desde ese recorrido amplio que supone la arquitectura, desde la historia, pasando por la construcción, pero recordando que en este caso las protagonistas son las estructuras, se procederá a analizar cómo se comportan los edificios frente a uno de los grandes desastres naturales: Los terremotos.

Y como casos, no se han escogido obras singulares, sino edificios comunes, casos residenciales en los que podría vivir cualquier persona. Según Vitruvio, cualquier buen edificio tenía que estar fundamentado en 3 pilares: Utilitas, Firmitas y Venustas. Se estudiará como se comportaría la Firmitas, es decir, la firmeza de los edificios, frente a las acciones más extraordinarias.

El presente Trabajo Fin de Grado tiene como objetivo estudiar la Vulnerabilidad Sísmica del barrio Beteró en la ciudad de Valencia. Se evaluará mediante el método de Índice de Vulnerabilidad Sísmica del proyecto Risk-UE, óptimo para estudiar la fragilidad de los edificios frente a terremotos en un entorno urbano. Para ello, se hará un cribado inicial de casos con el objetivo de analizar en exclusiva aquellos edificios destinados a uso residencial.

Para predecir el comportamiento frente a sismo de un edificio, denominado riesgo sísmico, es necesario contemplar 2 variables. En primer lugar, se encuentra la peligrosidad, esta variable contempla la probabilidad de que un terremoto ocurra y la magnitud que este pueda llegar a tener en un territorio concreto. En segundo lugar, está la vulnerabilidad, que es un parámetro que depende directamente del comportamiento de los elementos sometidos a un terremoto, es decir, de los edificios.

Valencia se encuentra en una zona geográfica donde la sismicidad no es elevada. Sin embargo, esto puede ser un factor de peligro frente a casos excepcionales, puesto que los requerimientos por normativa son más laxos en comparación a otras zonas donde haya mayor predisposición a terremotos. Por ello, analizar la vulnerabilidad de las estructuras es el punto de partida para analizar el comportamiento frente a cualquier sismo.

Beteró es un barrio interesante por su variedad edificatoria, impuesta por un crecimiento marcado en distintas fases. A pesar de ser un barrio joven, se puede observar una variación tipológica significativa. Existen 3 zonas diferenciadas: La zona central compuesta por manzanas cerradas con rasgos típicos del barrio germen, el Cabañal; la zona norte de vivienda moderna, poco densa y social de los años 60; y la zona sur y más joven, un plan de expansión de los años 80, que implica elementos con unas estructuras de mayor envergadura. Estos casos, se verán con profundidad más adelante.

Además, en la zona de tipología de manzana cerrada no se han mantenido las construcciones originales en muchos casos, sino que estas se han remplazado por elementos nuevos, llegando a modificar su superficie y altura considerablemente.

1.1. Situación geográfica

Los casos a estudiar se sitúan en el barrio de la ciudad de Valencia denominado como Beteró (véase Figura 1). Es uno de los 5 que forma el distrito número 11 Poblats Marítims, situado en la parte más litoral de la ciudad. Al contrario que los otros 4, Beteró no tiene conexión con el mar, sino que nace al oeste del barrio el Cabañal - Cañamelar, siendo este el germen del barrio. Es decir, Beteró es un barrio relativamente nuevo, con una edad poco mayor a 100 años.

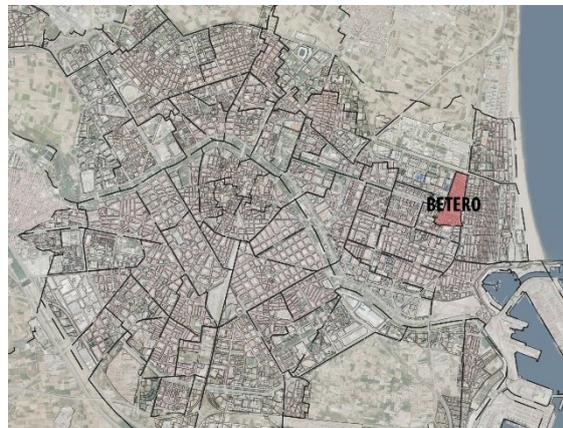


Figura 1. El barrio dentro de la ciudad de Valencia

También es colindante al distrito de Algirós, del cual forman parte los barrios La Carrasca y l'Illa Perduda, situados al norte y este y sur y sureste de Beteró respectivamente (véase Figura 2).

Esta situación geográfica y las relaciones que se dan son importantes, puesto que como se verá, influirán en la diversidad arquitectónica en Beteró.



Figura 2. Delimitación de Beteró y de los barrios colindantes

1.2. Marco histórico

La evolución de Beteró es un factor importante a tener en cuenta. Es un barrio con unas fases muy marcadas y una variedad importante.

1.2.1. Origen: Expansión del Cabañal

Los primeros edificios de Beteró en pie actualmente datan del 1910. Beteró nace debido a la expansión del Cabañal. Esta expansión se producía en la orilla opuesta del ferrocarril que existía bordeando el oeste del Cabañal y que lo conectaba con Valencia y Sagunto. (véase Figura 3)

Los Poblados Marítimos, destacando el Cabañal y el Grao como puntos focales, nacieron de forma independiente a la Ciudad de Valencia. Eran pueblos de pescadores, y su arquitectura popular era la barraca. Las barracas se situaban de forma paralela al mar, orientadas a Este y Oeste, de forma que se creaban grandes calles en dirección Norte Sur y secundariamente calles en la dirección opuesta que conectaban las hileras de barracas con el mar.

Esta disposición creaba la forma de manzana típica actual en el Cabañal. Manzanas bastante regulares, cerradas y alargadas con orientación este y oeste, a las que daban una hilera de parcelas por cada lado. Las parcelas destacaban por tener un frente de fachada estrecho y una profundidad bastante superior.

Las barracas eran la arquitectura popular, sin embargo, elementos muy inflamables. Se dieron numerosos incendios a lo largo del tiempo. Tras un gran incendio en 1875 que destruyó más de 200 barracas se decidió sustituir paulatinamente la construcción de barracas por casas de obra, de mayor resistencia.

Por ello, cuando nació Beteró, lo hizo con este sistema. Las primeras manzanas de Beteró siguen el modelo del Cabañal, manzanas cerradas y alargadas y orientadas predominantemente de forma paralela al mar. Además, ya no se dieron construcciones de tipo barraca. Las alturas originales no superaban las 2 plantas.

A pesar de seguir el modelo del Cabañal, se puede considerar un nuevo barrio por su independencia en cuanto a las conexiones. Ambos lugares estaban separados entre ellos por las vías del ferrocarril.

Detrás de las vías también existían fábricas, al sur de Beteró y hoy desaparecidas. Entre ellas estaban el matadero o una fábrica de jabón. Con lo cual, las primeras edificaciones se vieron vinculadas al trabajo en ellas. Además, en el entorno de Beteró estaba presente la huerta, con pequeñas alquerías distribuidas puntualmente.



Figura 3. Plano del Término Municipal de Valencia 1929-1944

Hay que destacar que las construcciones y parcelas originales han sufrido variaciones. Muchas de las construcciones no se conservan. A su vez las parcelas se han agrupado en algunos casos, dando lugar a mayores superficies y anchos de fachada. Esto ha permitido que se produzcan casos donde los edificios originales han sido sustituidos por otros de mayor superficie y altura. También hay casos donde las parcelas han quedado libres, haciendo que los elementos colindantes dejen de recibir el apoyo estructural que estos daban.

1.2.2. Primera gran expansión: Vivienda social de los años 60

A continuación, se aporta la información recogida en la tesis *La ciudad de la edificación abierta: Valencia, 1946-1988* (Pérez Igualada J., 2011).

La segunda fase de construcción se produce mayoritariamente al norte de la original. En 1959 España sale del sistema autárquico y pasa por un rápido crecimiento económico. A su vez se producen simultáneamente 2 fenómenos: una explosión demográfica y el éxodo rural. Esto implicaba que las ciudades debían de crecer.

La Oficina Técnica Municipal del Ayuntamiento de Valencia desarrolla nuevos Planes Parciales adaptados al reciente Plan Sur y al Plan de Carreteras. Estos planes plantean la creación de nuevas viviendas siguiendo una arquitectura de tipología abierta. El plan que concierne a Beteró es el Plan 12-B. Este plan destaca por pertenecer mayoritariamente a Algirós, actualmente el distrito vecino. Tuvo 2 fases, la primera en 1958 donde la zona de Beteró no estaba incluida, y la definitiva de 1963, donde aparece Beteró. Cabe destacar que hay un empobrecimiento de la calidad del plan, puesto que terminó por buscar el aprovechamiento económico aumentando la densidad de los espacios y el tránsito mediante vehículo.



Figura 4. Ámbito del Plan Parcial 12-B 1963.

Esta inclusión en la segunda fase viene forzada por la riada de 1957. Este grupo de viviendas iba destinado a realojar a los damnificados. Eran consideradas edificaciones para familias con rentas limitadas y su forma estaba vinculada al funcionalismo europeo, tanto la arquitectura particular de cada edificación como la organización urbanística del conjunto, proyectado por el conocido grupo GODB. Cabe destacar que la obra se retrasó, por lo que al finalizarse ya se habían producido todos los realojos. Finalmente, las viviendas fueron parcialmente destinadas a funcionarios públicos.

Este plan afectaba también a la parte suroeste de Beteró, sin embargo, hasta los años 70 no se empezó a edificar y fue mayoritariamente construida durante los años 80. La parte norte fue completada enteramente en 1965, incluyendo aparte de las viviendas sociales un colegio. Las alturas de las viviendas rondan entre las 2 y 5 plantas y no se han visto modificadas a lo largo del tiempo.

1.2.3. Última expansión: Avenida Blasco Ibáñez

A partir del estudio de Mas, J.R. (2017) se obtiene el origen de la Avenida Blasco Ibáñez y su conexión con el Cabañal y Beteró.

El último crecimiento de Beteró se desarrolla en la parte sur del barrio, a partir del límite con la zona de manzana tradicional del Cabañal. Principalmente, esta expansión no viene condicionada por un crecimiento de población, como en el anterior caso, sino que las nuevas edificaciones pretenden completar la nueva gran avenida planeada.

En 1865, mucho antes de las primeras edificaciones en Beteró, se propuso la creación de un elemento viario que conectara el Cabañal con los Jardines de los Viveros. Al contrario que la ruta situada al sur, más comercial, esta pretendía ser un elemento que invitase a la burguesía hasta la playa.

En 1883 esta idea volvió a reflotar después de que el Ingeniero Casimiro Meseguer la propusiese. En 1899 fue proyectada por el arquitecto municipal J. M. Cortina. Denominada como Paseo de Valencia al Cabañal, esta vía ocupaba el espacio que más tarde correspondería a la Avenida Blasco Ibáñez. (véase Figura 5)



Figura 5. Plano de la Ciudad de Valencia, el Cabañal y el previsto Paseo de Valencia (1899)

Sin embargo, a pesar de sufrir modificaciones en los planes de 1946 y 1966, no fue hasta el Plan General de Ordenación Urbana de 1988, actualmente en vigor, cuando se comenzó a construir esta avenida.

La parte de Beteró correspondía al tramo final y no se construyó hasta los años 80. Otros edificios perimetrales a la vía y pertenecientes a otros barrios fueron construidos con anterioridad.

Con esto, la parte final de Beteró se formalizó de diversas maneras. Las edificaciones abiertas ya no eran comunes, sino que se buscaban elementos más densos y compactos.

Al norte, de la Avenida Blasco Ibáñez y colindante con el núcleo original, se proyectaron 3 edificios compactos con patios. Al sur se proyectaron en 2 zonas. La zona directamente vertiente a la avenida está formada por elementos tipo bloque o torres con plantas bajas unidas paralelos a la avenida. Detrás de ellos se origina una manzana abierta con edificios de viviendas vertientes tanto dentro como fuera y un colegio interior.

Además, se terminaron de construir los elementos proyectados en los 60. Mantenían la tipología de edificación libre, pero su compacidad se veía aumentada.

1.2.4. Beteró en la actualidad

Actualmente se está poniendo en marcha un Proyecto de Reforma para cerrar la Avenida de Blasco Ibáñez con un gran jardín. Este proyecto es la segunda actuación destinada a proteger el Cabañal. Con ello se pretende evitar que la Avenida Blasco Ibáñez se prolongue hasta el mar, interfiriendo con una parte del núcleo histórico.

Este jardín ocupará el espacio de 2 de las manzanas del núcleo original de Beteró. Sin embargo, la cantidad de edificaciones en dichas manzanas se ha visto ya reducida. En 2010 ya solo quedaban 2 edificaciones, que se mantienen actualmente. Un edificio de vivienda unifamiliar al norte y una caseta eléctrica. La vivienda unifamiliar se muestra en el plano de la actuación, por lo que no interferirá con ella.

La zona norte del barrio de Beteró, destinada a viviendas sociales, tiene una problemática común. Son edificaciones de los años 60, con más de 50 años. Este proyecto nació como un espacio de viviendas para rentas reducidas. Los usos se ven muy limitados, al ser espacios mayoritariamente residenciales, con un colegio y escaso uso productivo. Es una zona dormitorio. Por ello, puede darse el caso de espacio guetto, donde la vulnerabilidad socioeconómica de los residentes es elevada.

Esto suele llevar a un descuidado mantenimiento, potenciado por la edad y por la falta de calidad de materiales de la época. En los años 90 ya se dio un caso de rehabilitación parcial de la zona. En visitas de campo, se ha observado como existen elementos con fisuras y grietas, vegetación invadiendo los elementos constructivos, humedades, desconchados en elementos estructurales y armaduras oxidadas sin recubrimiento entre otros.



Figura 6. Proyecto de cierre de la Avenida Blasco Ibáñez.

1.3. Marco demográfico

En 2022 habitaban el barrio de Beteró un total de 7878 personas, según fuentes del padrón municipal. Esta población viene decreciendo desde que en 2016 alcanzase su mayor pico en 8131 habitantes.

En la ciudad de Valencia en 2022 había un total de 792492 empadronados. Por lo que la población del barrio de Beteró supone casi un 1% de la ciudad.

El pico de población se sitúa en el rango de 55-59 años, con 731 habitantes. Le sigue de cerca con 644 el rango de 60-65 años. Esto indica que el 17% se encuentra a menos de 10 años de la edad de jubilación. Los habitantes en los rangos de jubilación suponen un 21%. Se puede considerar que Beteró es un barrio cuya población se encuentra en una edad avanzada.

Los menores de 20 años suponen un 17 % de la población.

El 16% de la población procede de fuera de la Comunidad Valenciana, pero dentro de España. El 15% procede de fuera de España.

El tipo de vivienda mayoritario es la vivienda familiar. Cada vivienda cuenta con una media de 2.43 personas. La mayoría de vivienda cuentan con 1 o 2 habitantes y en el 78% de los casos no hay menores.

Existen 3723 viviendas en Beteró. No hay una densidad homogénea de viviendas en todo el barrio. (véase Figura 7)



Figura 7. Número de viviendas por edificio

1.4. Marco formal

Beteró es un barrio mayoritariamente de edificación residencial. Existen algunos casos puntuales donde se dan elementos comerciales o de almacenamiento. También es destacable la existencia de parcelas sin edificar en la zona más antigua. Además, existen 3 colegios en el barrio, uno en cada zona formal descrita.

Para hablar del comportamiento frente a sismo, uno de los factores influyentes es la forma del edificio. Por ello se describirán los factores más influyentes en las diversas zonas que forman el barrio en base a la caracterización geométrica obtenida mediante los datos del Catastro y visitas de campo.

Para ello, se distribuirá el barrio en 3 partes. La zona norte, la zona intermedia y la zona sur. Diferenciadas cada una por su tipología y edad, siendo la parte norte la edificada en los años 60, la parte intermedia el núcleo original y la parte sur la parte edificada en los años 80.

1.4.1. Zona Norte

La parte norte tiene 2 tipologías básicas de edificaciones. Toda ella está construida en 1965 y es obra del grupo de arquitectos GODB.

La primera tipología, denominada N1A, consiste en pastillas rectangulares unidas entre ellas para formar bloques en su lado más corto. Hay agrupaciones de 4 y 7 pastillas y tienen alturas de 4 y 5 plantas respectivamente, a excepción de una agrupación de 4 pastillas en el perímetro de la zona que tiene 5 plantas. Esta tipología tiene una estructura exterior porticada de hormigón.

La segunda tipología tiene 2 variaciones, dependiendo de la relación con otros elementos y las alturas, se denominarán N2A y N2B. Ambas están formadas por elementos similares en planta, de forma irregular y caras paralelas en el que no predomina una dirección sobre la otra. El caso N2A se caracteriza por ser un elemento exento de 5 plantas. El caso N2B se caracteriza por formar agrupaciones de 2 o 3 elementos unidos en una o 2 caras y tener 2 plantas. En caso de situarse en el perímetro de la zona, también aumentan en una planta. Estos elementos tienen una estructura muraria de fábrica.

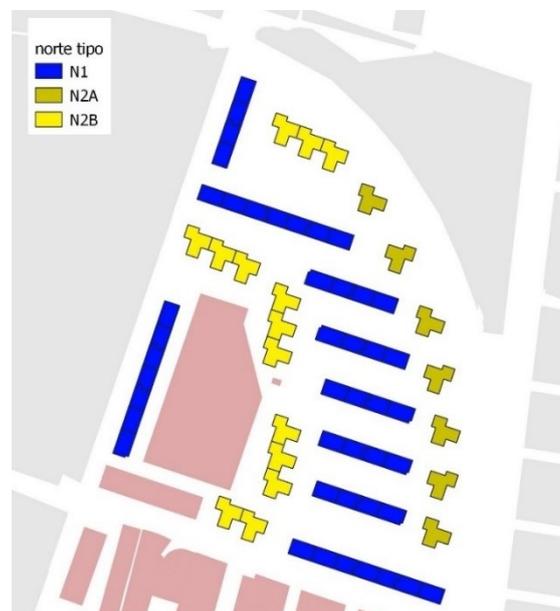


Figura 8. Tipologías Norte

1.4.2. Zona Intermedia

Esta zona es la más heterogénea, puesto que coexisten la mayoría de las tipologías descritas en el barrio al ser la zona más antigua.

La primera tipología, denominada como I1, es aquella que corresponde con las viviendas originales. Se han denominado viviendas originales las existentes hasta 1940, momento donde empiezan a haber estructuras de hormigón. Por lo que a pesar de que puedan haberse reconstruido, mantienen las técnicas antiguas: muros de fábrica y forjados de viguetas de madera y bovedillas de rasillas. Esta tipología está compuesta por elementos en la parcela original, estrecha y profunda y con una altura no superior a las 2 plantas. Es decir, son edificaciones que ocupan superficies pequeñas y con alturas bajas.

La tipología I2 es aquella que es similar a la I1, elementos de baja altura contenidos en parcelas pequeñas, pero cuya construcción se sitúa después de que las estructuras comenzasen a ser de hormigón. El primer caso de esta tipología se da en

1950. Son tipologías que imitan las originales, pero que cuya construcción es más avanzada. Puede haber casos que aparenten tener una estructura de hormigón, pero realmente sea tradicional, estos se resolverán con una inspección de campo.

La tipología I3 es aquella que crece con respecto a la tipología I2. Son edificios cuya estructura ya es de hormigón, lo que le permite generar edificios de mayor envergadura. Sin embargo, se mantiene como una tipología de altura media, donde no se superan las 6 alturas.

La tipología I4 es aquella que dentro de la manzana compacta tradicional supera las 6 plantas. Las mayores alcanzan las 8 plantas. A su vez tanto la I3 como la I4 empiezan a aumentar la superficie mediante la agrupación de varias parcelas.

A partir de los años 60 el núcleo original se va rellenando con nuevas manzanas. Estas no mantienen la disposición original, heredada del Cabañal, sino que están formadas por una hilera de parcelas con doble orientación este-oeste. El tamaño de parcela es mayor permitiendo la creación directa de edificios de varias viviendas. Aunque la mayoría se construyeron entre 1960 y 1980, se incluyen algunos edificios construidos posteriormente, puesto que la tipología se mantiene a pesar de que puedan haber mejorado las técnicas. Esta tipología será denominada como I5.

La tipología I6 corresponde a 2 elementos aislados en la parte occidental del sector. Estos elementos encajan más con las tipologías vecinas del distrito de Algirós. Son elementos proyectados después de los años 90, con una cantidad de alturas elevada y ocupando una posición aislada, uno como torre y el otro como bloque. La torre, con 18 alturas, es el elemento que alcanza un mayor número de plantas.

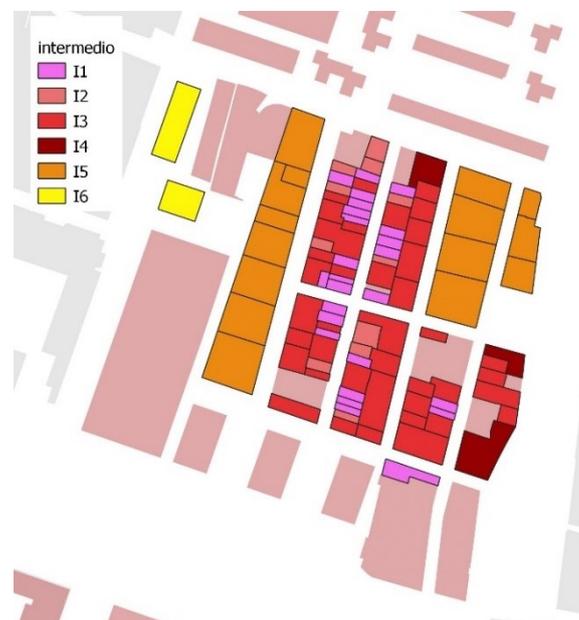


Figura 9. Tipologías Zona Intermedia

1.4.3. Zona Sur

Esta zona corresponde con la parte más nueva y relacionada directamente con la creación de la Avenida de Blasco Ibáñez. Sin embargo, existe una manzana tradicional de forma triangular vinculada con las industrias que existían en la zona

pero que fueron derribadas. Esta manzana no conserva la división de parcelas original.

La primera tipología son una serie de bloques adosados, de 2 viviendas por planta construidos hasta la década de los 60, anteriores a la actuación del planeamiento. Esta tipología se denominará S1. Se sitúa tanto en la manzana original como enfrente de esta, siendo el origen de otra manzana más reciente. Tienen 5 plantas de altura.

La tipología S2 es aquella que cierra la manzana original. Ocupan una superficie mayor y crecen en alturas. A excepción de un caso de 1980, el resto se desarrolla posteriormente al 2000.

Las tipologías S3A y S3B son aquellas que ocupan la parte occidental. Están más relacionadas con Algirós. Estas fueron planeadas mediante el Plan Parcial 12-B de 1963 que desarrolló la zona norte de Beteró. Sin embargo, desde entonces sufrieron algunas modificaciones y no se construyeron hasta los años 70 y 80. La tipología S3A corresponde a las primeras construcciones, mientras que la S3B corresponde al acabado final. Juntas forman bloques plurifamiliares, aislados, adosados o en L y de menor profundidad.

La tipología S4 está formada por un único edificio de los años 70 proyectado a partir del planeamiento anterior al PGOU, el Plan General de 1966. Es un bloque aislado que enfrenta a la Avenida Blasco Ibáñez.

La tipología S5 corresponde a la serie de edificios alineados con la tipología S4. Es una tipología variable en altura. Aproximadamente el 50% de la superficie en planta baja es libre. En primera planta se unen ocupando toda la superficie para crear patios. En el resto de plantas se separan y generan diversos volúmenes esbeltos en forma de torre de 14 plantas en total.

La tipología S6 corresponde a la parte que queda por detrás de Blasco Ibáñez. Esta tipología está formada por bloques adosados que crean una manzana abierta. Los bloques tienen una profundidad elevada. Se desarrollan durante los años 80 y terminan de absorber las edificaciones que quedaron fuera de la manzana original construidas en los años 60.

Por último, la tipología S7 es la única que queda al norte de Blasco Ibáñez, desarrollada durante los 80, está formada por 3 elementos exentos. Estos elementos exentos ocupan una gran superficie. No predomina un lado sobre el otro, lo que los obliga a contar con patios interiores. Cuentan con alturas de 9 plantas.

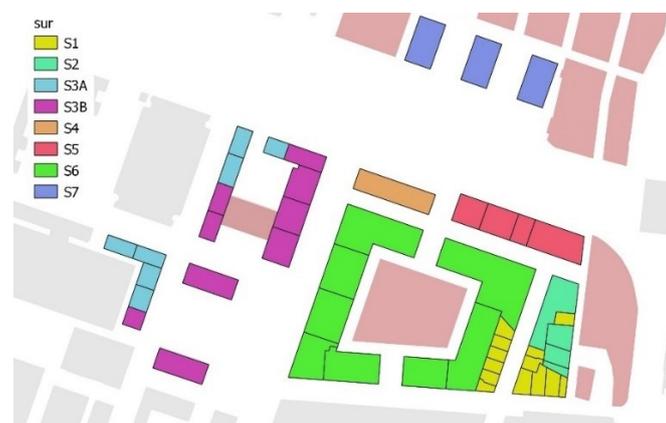


Figura 10. Tipologías Sur

1.4.4. Conclusiones del análisis formal

Finalmente, tras exponer las tipologías, se deduce que tipo de estructura tiene cada una, definiendo así el factor que sirve como punto de partida en el análisis de la vulnerabilidad sísmica de los edificios.

Se han definido 3 tipologías. No se consideran como certeza absoluta en su totalidad, sino que, al no disponer de documentación exhaustiva de cada edificio, se han tomado las decisiones en base del anterior análisis, conocimientos previos y una inspección visual.

Para empezar, se definen 2 tipos de elementos verticales, las estructuras porticadas de hormigón y las estructuras murarias de mampostería. Estas últimas se dan fundamentalmente en casos anteriores al 1940, sin embargo, aparecen en algunos edificios puntuales de forma posterior.

Se descarta la existencia de edificios de hormigón con anterioridad al 1940 por completo y se estudiará que ocurre con profundidad en la época inmediatamente posterior, donde podrían coexistir ambos casos. Estos, sin embargo, podrían aparecer como un paso intermedio entre la mampostería y el hormigón, formando una estructura muraria pero con forjados de hormigón.

Por ello, se consideran las 3 tipologías. La primera es la más tradicional, formada por una estructura muraria y un forjado de viguetas de madera. La segunda es una estructura muraria también, pero con un forjado de hormigón. La tercera es una estructura porticada de hormigón.

1.5. Terremotos

Un terremoto es causado por el movimiento interno de la Tierra: de la corteza y la parte superior del manto. El punto donde se genera el terremoto contiene una falla geológica. Esto es una línea de discontinuidad del terreno que separa dos masas con diferentes movimientos. Una falla puede normalmente supondrá el límite entre dos placas tectónicas, podría no darse el caso, pero se suponen terremotos más débiles y menos frecuentes.

El sur de España es una zona crítica en cuanto a terremotos, puesto que se produce el encuentro entre las placas tectónicas euroasiática y africana. Sin embargo, en el resto de la Península Ibérica también existen fallas abiertas, sobre todo en la costa mediterránea, Pirineos y Portugal, que pueden generar eventos sísmicos. No se producen terremotos con grandes intensidades, pero sí de una forma frecuente.

Los terremotos se producen mayoritariamente por el desplazamiento e interacción entre partes del terreno. Pueden generarse debido a la separación, al rozamiento o al solape entre placas. Cada interacción causa distintas afecciones, siendo las más graves las de solape, donde el acercamiento entre placas implica que una se superponga a la otra. Este tipo de movimiento es el que se da en la interacción entre las placas africana y euroasiática. También pueden generarse debido a la erupción de volcanes o al impacto de asteroides.

El punto donde se genera, a una profundidad inferior a la cota superficial, se denomina hipocentro. Se propaga en forma de ondas que circulan en todas las direcciones. El punto en la superficie en el que incide la normal del hipocentro,

donde la onda impacta en primer lugar, se domina epicentro. Es el punto superficial más crítico, donde la intensidad es mayor por lo que producen más daños.

Un terremoto genera diversos efectos sobre un edificio. Puede actuar de forma directa o indirecta sobre él. Un sismo afecta al suelo sobre el que se apoyan las estructuras produciendo un fenómeno de vibración. Este fenómeno se transmite del suelo a las estructuras por contacto directo desde la cimentación, por lo que la estructura también oscilará. También supone una acción secundaria, puesto que el movimiento de tierras puede generar asentamientos o fenómenos como la licuefacción, propios del terreno.

La aceleración sísmica mide la intensidad de la aceleración que se produce en la superficie del terreno durante un terremoto. En terremotos medios permite relacionarla directamente con los daños generados de forma precisa. No implica la cuantía de energía liberada, cuyo valor le corresponde a la magnitud. La aceleración sísmica es la cuantía empleada usualmente para establecer las normativas sísmicas, puesto que indica la peligrosidad.

En Valencia, la aceleración sísmica corresponde con $a_b = 0.06g \text{ m/s}^2$

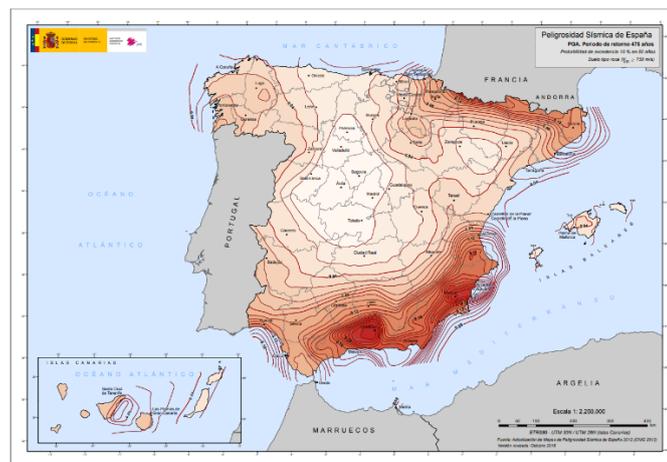


Figura 11. Mapa de peligrosidad sísmica de España 2015 ©IGN

1.6. El método: Risk-UE

El proyecto Risk-UE surge en 1999. Por aquel entonces se dieron casos de terremotos de magnitudes importantes, como en Turquía o Grecia ese mismo año. Además, en otras zonas, como Estados Unidos o dentro de países de la Unión Europea como Francia, se estaban desarrollando sistemas de análisis similares.

El proyecto nace de la colaboración de 10 organizaciones internacionales especialistas en sismo y enfocado en el estudio de 7 ciudades concretas dentro de Europa. En España, se cuenta con la colaboración del Centro Internacional de Métodos Numéricos en la Ingeniería (CIMNE) en Cataluña. Precisamente, uno de los casos de estudio es Barcelona. La Dra. Nieves Lantada, especialista en Ingeniería Geodésica y Cartografía y principal referente del estudio, empleó esta metodología para llevar a cabo su tesis doctoral.

Las otras 6 ciudades son Niza (Francia), Bucarest (Rumanía), Sofía (Bulgaria), Catania (Italia), Bitola (Macedonia del Norte) y Tesalónica (Grecia).

El proyecto se inicia en 1999 y tiene como objetivo llegar a sus conclusiones en 2004. Tiene un desarrollo piramidal, comenzando desde lo más general, como la coordinación y el establecimiento de unas pautas básicas comunes en Europa, continuando por las metodologías y finalizando con lo más particular, el estudio de cada ciudad.

Parte con la idea de una dualidad estratégica. Pretende buscar unos resultados científicos, pero también busca lograr unos objetivos estratégicos, que permitan el futuro desarrollo de las ciudades.

Como objetivos estratégicos se busca analizar el comportamiento de las distintas ciudades, teniendo en cuenta que cuentan con diversas tipologías, variando densidades, edades, ... Con ello se pretende reproducir el comportamiento de una ciudad frente al sismo y así, teniendo en cuenta la peligrosidad, obtener el riesgo sísmico del área de estudio. Las zonas con edificios más vulnerables, los lugares donde se producirían mayores pérdidas de vidas o económicas, ... A partir de estos resultados se pretende concienciar tanto al público como a la clase política para desarrollar planes de actuación en caso de sismos.

Como objetivos científico-técnicos se pretende crear un sistema general y modular que pueda predecir el comportamiento de una ciudad frente a un espectro de riesgos sísmicos. Todo ello caracterizando la arquitectura europea, valorando sus tipologías particulares y la antigüedad que suele apreciarse como un riesgo añadido. Con ello se crea un inventario complejo, ampliando el de otras metodologías anteriores, donde se reflejen las tipologías constructivas características de Europa.

Además, se pretende homogeneizar el trabajo realizado en programas propios de distintos países del continente con anterioridad al proyecto Risk-UE. Con ello se buscará un sistema común general, que pueda particularizarse en cada país dependiendo de sus características intrínsecas.

Se estudiarán casos donde exista una naturaleza sísmica diferente: baja, media y alta. Entre las ciudades seleccionadas abundan aquellas del este de Europa, donde la peligrosidad es la más alta del continente.

El proyecto llegará a su fin tras la 13ª Conferencia Mundial sobre Ingeniería de Terremotos: *The European Risk-UE Project : An Advanced Approach To Earthquake Risk Scenarios* (Moroux P. et al., 2004)

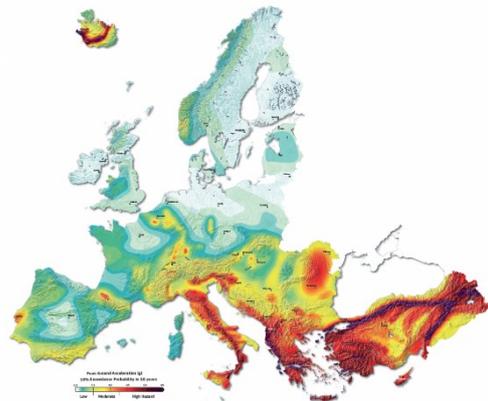


Figura 12. Mapa de riesgo sísmico © SHARE, Comisión Europea

1.6.1. Estudio de la Vulnerabilidad

El proyecto parte de 2 niveles de estudio dependiendo de la profundidad del análisis.

-Nivel 1 (L1): Metodología de Índice de Vulnerabilidad

Se utilizan mecanismos estadísticos, aprovechando información recabada de terremotos anteriores, para obtener los denominados Índices de Vulnerabilidad. Estos dependerán fundamentalmente de la tipología estructural y de la edad de los edificios. Con ello se obtiene una matriz de tipologías a las que se asigna un Índice de Vulnerabilidad. Tras esto, se aplican modificadores de comportamiento que permitan concretar la vulnerabilidad, aumentándola o disminuyéndola, valorando el contexto del caso particular de estudio.

En el presente trabajo se estudiarán los Índices de Vulnerabilidad de los edificios de Beteró.

-Nivel 2 (L2): Método de Espectro de Capacidad

Este método ofrece resultados con una mayor exactitud. Se trabaja mediante espectros. Se analizan los edificios, sus tipologías estructurales y su modelación, para obtener los espectros de capacidad. Con estos se obtienen las curvas de fragilidad adoptando unos espectros de respuesta frente a acciones sísmicas determinadas. Requiere de metodologías más exhaustivas y gran cantidad de información previa.

2. Metodología

Este estudio toma como base el proyecto Risk-UE. Este se explica en los papers: *Presentation of RISK-UE Project* (Mouroux P. y Le Brun B., 2006) y *Risk-UE An Advanced Approach to Earthquake Risk Scenarios with Applications to Different European Towns* (Milutinovic Z. V. y Trendafiloski G.S, 2003), ambos redactados por un equipo de expertos, entre los que destacan los doctores Milutinovic Z. V. y Trendafiloski G.S. que además coordinaban el proyecto con las diversas ciudades. En este último se explica el proceso fundamental y se describen las tipologías más comunes, mientras que el primer artículo sirve como introducción y descripción de objetivos del proyecto.

También se incorpora como referente principal a la Dra. Nieves Lantada, desarrolladora del principal estudio en España del método en Barcelona en su tesis: *Evaluación del riesgo sísmico mediante métodos avanzados y técnicas Gis. Aplicación a la ciudad de Barcelona*. Esta tesis, sobre la ciudad de Barcelona, formará parte de las conclusiones del proyecto junto a otras en Europa. Para este estudio, por la proximidad de Barcelona, se pueden encontrar similitudes, tanto arquitectónicas como por normativa, en las que guiar el estudio.

Además, también se tomarán otros estudios vinculados con el tema como apoyo.

2.1. Base de datos

Se trabajará a partir de la base de datos del Catastro. Se reconoce cada edificio por el formato que utiliza el catastro.

Ejemplo:

8924201YJ2782F
89242 01 YJ2782F
Masa Parcela

Los primeros 5 dígitos indican la masa, es decir, la agrupación de parcelas. Normalmente esto implica una manzana o un edificio aislado. Los 2 siguientes indican la parcela, numeradas con relación a la masa que forman. Se utilizará este mismo formato para referenciar los casos a destacar en el estudio, simplificando y excluyendo el resto de los identificadores. Por ejemplo: 89242-01.

En el Anexo 1 se ofrecen mapas descriptivos con la nomenclatura de cada caso.

2.2. Obtención de datos I: Bases de datos

El catastro será la herramienta fundamental para obtener la mayor parte de datos. Este permitirá obtener los datos físicos y formales, como la situación, las alturas, el perímetro, los usos u otros.

También se utilizará como apoyo el Catálogo del PGOU, que indicará aquellos edificios que puedan gozar de algún tipo de protección. Sin embargo, en el caso de Beteró, no existen edificios protegidos debido a la juventud del barrio.

Por último, se consultarán las fuentes cartográficas ofrecidas por el Instituto Cartográfico Valenciano y el Archivo Histórico Municipal. Este último, proporcionará mapas antiguos. El primero, dispone de Ortofotos posteriores y otras cartografías, como el Informe de Evaluación de Edificios, herramientas de gran apoyo.

2.3. Obtención de datos II: Visita de campo

Al contrario que el trabajo de tesis de la Dra. Nieves Lantada en Barcelona, de Beteró no se disponen de bases de datos adicionales sobre aquella información que no ofrece el catastro.

La visita de campo y la fotografía de casos permitirá obtener el resto de los datos necesarios para llevar a cabo el estudio. Fundamentalmente serán objeto de esta metodología la materialidad de la estructura y el estado de conservación del edificio.

La materialidad de la estructura se obtendrá mediante la combinación de 2 metodologías. La visita de campo no será suficiente para todos los edificios, puesto que muchos pueden tener la estructura oculta. Por ello se supondrá la estructura a partir de la forma y tipología, la edad y aquello que deje entrever la visita de campo. Por ejemplo, un edificio de 10 alturas y con una edad inferior a los 20 años tiene una alta improbabilidad de utilizar una tipología muraria, a pesar de no poder ver su estructura. A partir de 1940 se supondrá que los edificios tienen una probabilidad alta de ser de hormigón, a pesar de que puedan darse excepciones. A su vez, se puede suponer que con anterioridad el hormigón no se utilizaba.

Un caso especial es la agrupación de viviendas sociales situadas al norte. Al ser una urbanización de vivienda social planeada y ser proyectado por un grupo de arquitectos relevante como lo es GODB, se disponen de planimetrías. Es además un caso interesante, pues al ser una obra de arquitectura moderna en los años 60 sería de suponer que el hormigón fuera protagonista. A pesar de ello, las 2 tipologías dispuestas no comparten sistema estructural: en un caso se dispone de una estructura porticada de hormigón armado y en el otro una estructura de muros de fábrica. (véase Figura 13)

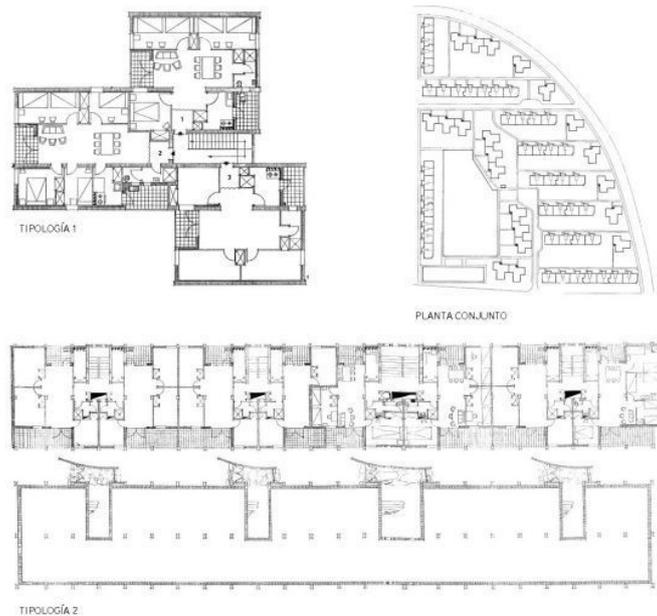


Figura 13. Tipologías de vivienda social proyectadas por GODB (Colegio Territorial de Arquitectos de Valencia)

El estado de conservación del edificio también comparte la misma problemática. En estructuras ocultas es más difícil de suponer, puesto que se buscan fallos estructurales y no defectos más visibles, como en la fachada. Si, por ejemplo, el estado de fachada es muy defectuoso, se podría suponer que los defectos puedan traducirse en otras zonas, como la estructura. En este caso la visita de campo es fundamental. Se tendrán en cuenta parámetros como la edad, sobre todo de los edificios más jóvenes, que deberían carecer de problemáticas. Por último, se cuenta con los Informes de Evaluación de Edificios, obligatorios en edificios con una edad superior de 50 años (se renuevan cada 10 años) y en aquellos donde se pida una ayuda pública para su mantenimiento o mejora. Este es un claro indicativo del estado del edificio, pero solo se dispone de él en pocos casos. Además, hay que tener en cuenta que se definen muchas problemáticas y que un edificio con actuaciones urgentes pendientes puede no tener defectos estructurales.

La visita de campo ha permitido encontrar patologías graves, sobre todo en los edificios de hormigón dentro de la agrupación de vivienda social. En estos hay problemas de recubrimiento de armaduras, donde estas quedan vistas y están oxidadas. También es visible en un punto como la vegetación penetra dentro del hormigón.

Por último, la visita de campo ha permitido comprobar discrepancias con los datos del catastro. Existen 2 casos con variaciones. En uno de ellos, un edificio aparenta ser antiguo, pero en realidad se ha construido de nuevo en los últimos años. El segundo, que se aprecia como un edificio supuestamente construido, se encuentra actualmente en construcción. El primer caso se analizará mediante los datos de la visita de campo y de mediciones en otras aplicaciones. El segundo se supondrá como un



Figura 14. Edificio en construcción

edificio construido, en 2023, utilizando la normativa de zonas del PGOU para establecer el mayor aprovechamiento y por comparativa con otros edificios próximos.

2.4. Desarrollo del estudio

Para el desarrollo del estudio se emplearán 2 mecanismos complementarios. Se empleará una base de datos con la que se rellenarán los parámetros descriptivos de cada caso y aquellos pertinentes, en relación a características intrínsecas a los edificios, para realizar el estudio.

Posteriormente se complementará el estudio con cartografías realizadas mediante software de Sistema de Información Geográfica (GIS) que permitirá repercutir los datos numéricos en el espacio real del entorno.

Con ello se compararán los resultados entre los distintos edificios de Beteró, destacando aquellos más y menos vulnerables, analizando sus características y analizando las posibles similitudes de edificios con resultados parejos.

3. Estudio de la vulnerabilidad

Para obtener la vulnerabilidad de los edificios mediante el método Risk-UE es necesario seguir 2 pasos. Primeramente, es necesario obtener los índices de vulnerabilidad propuestos a través de una matriz de tipologías estructurales y los parámetros de construcción. A partir de tal parámetro, se le asignarán modificadores dependiendo de las características intrínsecas o extrínsecas de cada caso particular.

3.1. Matriz de tipologías de edificios (BTM)

A raíz del proyecto Risk-UE, se recogen una serie de tipologías constructivas que se pueden encontrar en los países de Europa. Se realiza un inventario de técnicas empleadas tanto en la actualidad como en la tradición además de contar con las diferentes técnicas constructivas empleadas en las diversas culturas.

La estructura será un parámetro fundamental para obtener la vulnerabilidad de un edificio frente a sismos, por lo que la clasificación de los diferentes edificios en su respectiva tipología permitirá definir un comportamiento inicial.

Este inventario se denominará BTM (Building Typology Matrix), es decir, Matriz de Tipologías Constructivas. Fue elaborada por los autores del proyecto Risk-UE con el objetivo de inventariar las tipologías constructivas existentes en el panorama europeo.

Se definen 4 parámetros principales, lo que posteriormente al subdividirse permite crecer hasta las 23 clases de tipologías principales.

Los parámetros principales son definidos por la materialidad de los elementos estructurales verticales: Hormigón, Mampostería (o fábrica), Madera o estructura Metálica. Dentro de estos, se producen subdivisiones dependiendo de la técnicas más específicas empleadas. Por ejemplo, la diversidad de los forjados o la existencia de elementos adicionales que puedan variar notablemente el funcionamiento, como las cruces de San Andrés en estructuras metálicas.

Tabla 1. Matriz de Tipologías Constructivas de Risk-UE

Material principal	Nom.	Descripción
Mampostería	M1	Estructuras murarias de mampostería
	M2	Estructuras de adobe
	M3	Estructuras murarias sin reforzar
	M4	Estructuras murarias reforzadas (confinadas)
	M5	Estructuras formadas enteramente por mampostería reforzada
Hormigón armado	RC1	Pórticos de hormigón
	RC2	Muros de hormigón
	RC3	Pórticos de hormigón armado con muros de relleno
	RC4	Sistema compuesto de pórticos y muros de hormigón
	RC5	Muros de hormigón prefabricado
	RC6	Sistema compuesto de muros de hormigón prefabricado y muros de hormigón in situ
Acero	S1	Estructuras de acero
	S2	Estructuras de acero trianguladas
	S3	Estructuras metálicas con relleno de mampostería
	S4	Estructuras metálicas con relleno de hormigón portante
	S5	Sistemas compuestos de hormigón y acero
Madera	W	Estructuras de madera

Además, dentro de la clase M1, M3 y RC3 se producen subclases

M1 Estructuras murarias sin reforzar	M1.1	Piedra pequeña (ripios)
	M1.2	Piedra simple
	M1.3	Piedra masiva
M3 Estructuras murarias sin reforzar	M3.1	Estructura de mampostería con forjados de madera
	M3.2	Estructura de mampostería con bóvedas de mampostería
	M3.3	Estructura de mampostería con forjados mixtos de acero y mampostería
	M3.4	Estructura de mampostería y forjados de viguetas de hormigón
RC3 Pórticos de hormigón armado con muros de relleno	RC3.1	Estructuras regulares de hormigón armado
	RC3.2	Estructuras irregulares de hormigón armado

Sin embargo, en Valencia no se dan todas estas tipologías. Además, al ser Beteró un barrio pequeño y más joven también se verá más reducido el inventario de tipologías existentes.

Según Lantada.N (2007):

-Las tipologías con material principal de madera (W) y acero (S) no suelen darse en edificios residenciales. Las tipologías metálicas son más comunes en edificios industriales, descartados dentro de este estudio. Por su parte, las estructuras de madera son poco comunes en la zona Mediterránea de una forma persistente. Pueden pertenecer a edificios temporales.

-Dentro de la mampostería, el adobe (M2) es un material de escaso uso, otra vez viéndose reducido a edificios temporales o ya abandonados. La mampostería reforzada o confinada (M4), en la que se utilizan elementos de hormigón solidarios que permiten un trabajo monolítico, tampoco es común en Europa. Es un sistema utilizado mayoritariamente en Estados Unidos, donde se originó.

-Los edificios pertenecientes al M1 no se considerarán tampoco. Sobre todo, aquellos diseñados mediante las clases M1.2 y M1.3. Su uso es poco frecuente en residencial siendo particulares de edificios de un carácter más relevante, como monumentos históricos.

Dentro de Beteró se han supuesto 3 clases de tipologías estructurales.

-M3.1: Estructura de mampostería con forjados de madera. En aquellos edificios donde la fecha de construcción sea inferior a 1940.

-M3.4: Estructura de mampostería y forjados de viguetas de hormigón. En aquellos edificios donde la construcción sea posterior a 1940 pero se utilice mampostería.

-RC3.2: Estructuras irregulares de hormigón armado con muros de relleno. En aquellos casos donde el material ya sea claramente hormigón.

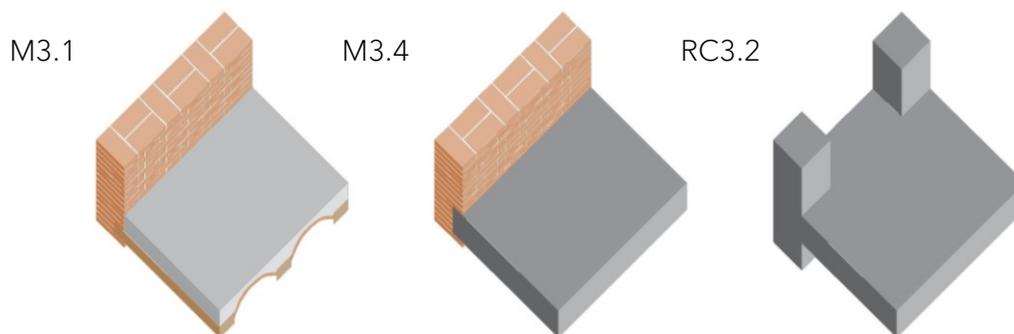


Figura 15. Esquema tipología estructurales

En la clase RC3.2, los muros de relleno son aquellos muros, normalmente de fábrica, que generan las fachadas o medianeras. Se consideran irregulares debido a posibles desalineaciones de los muros, plantas flexibles, ... (véase Figura 16)

En las zonas de Beteró no se reparten homogéneamente las 3 tipologías. En la zona norte, de vivienda social abierta, coexisten aproximadamente al 50% cada una las tipologías RC3.2 y M3.4. Cada una asignada a una tipología edificatoria concreta.

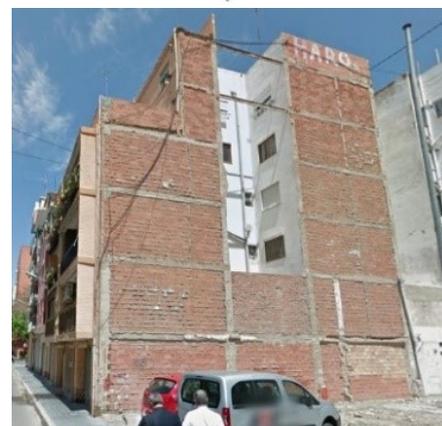


Figura 16. Ejemplo de muros de relleno en estructura porticada en Beteró (2012)

En la zona intermedia, el núcleo primigenio, coexisten las 3 tipologías: M3.1, M3.4 y RC 3.2. Originalmente se emplearían métodos tradicionales M3.1, pero el derribo y nueva construcción permite la existencia de sistemas actuales. En la zona sur, al ser más nueva y con edificios de mayores dimensiones, se dan tipologías exclusivamente de hormigón RC3.2.

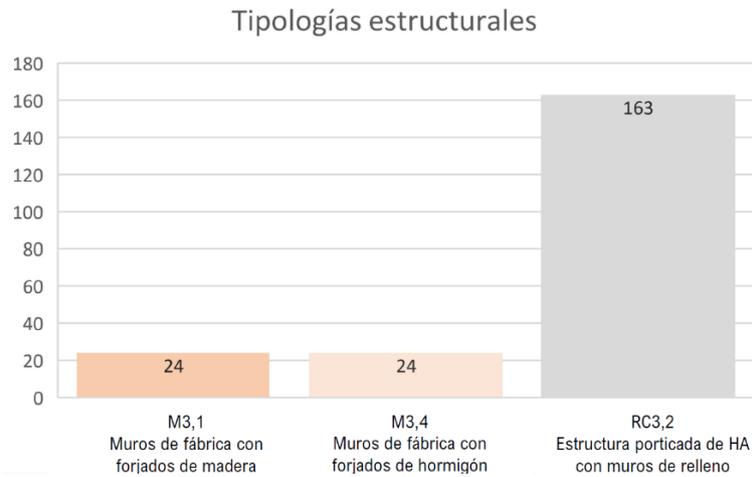


Figura 17. Gráfico distribución de casos por tipología

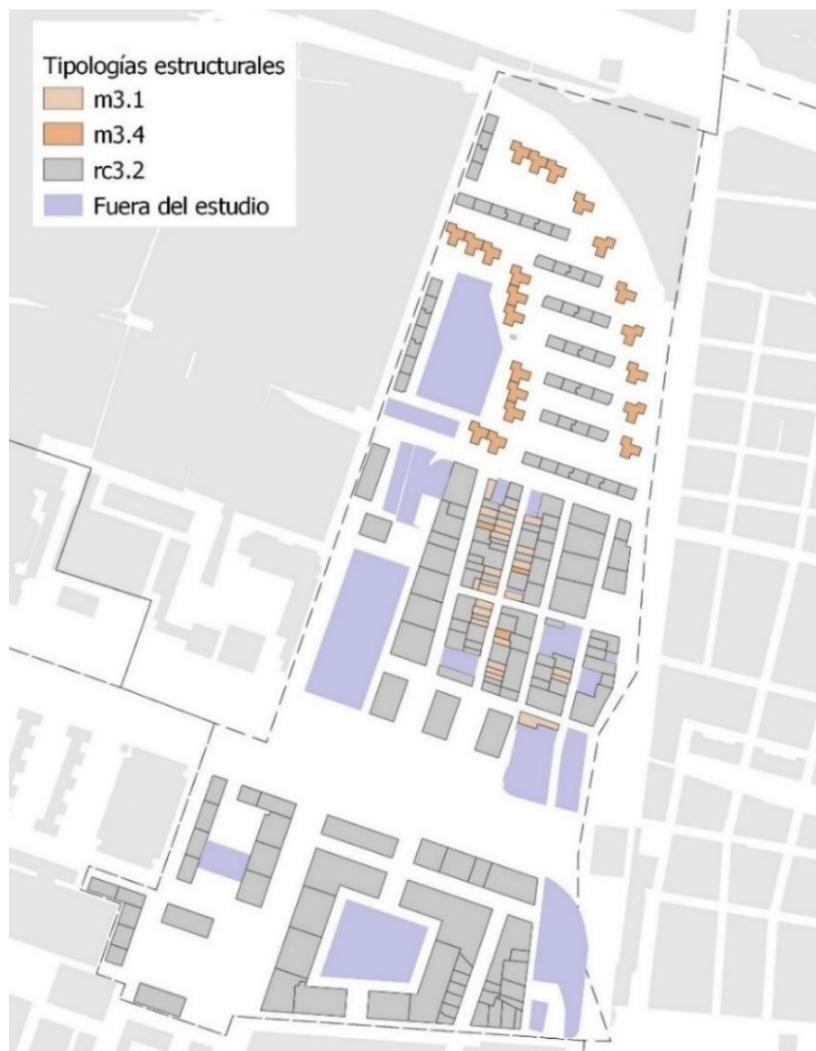


Figura 18. Mapa de distribución de las tipologías estructurales de Beteró

Al analizar gráficamente la distribución tipológica de edificios se puede comprobar como existe una amplia mayoría de edificios con estructuras porticadas, suponiendo el 77,25%. El resto está formado a partes iguales por las tipologías de mampostería, suponiendo el 14,72% cada una.

3.2. Índice de Vulnerabilidad Inicial

A partir de la asignación de una tipología a cada caso, a su vez se le asigna el correspondiente Índice de Vulnerabilidad Inicial. Este viene propuesto en *RISK-UE An advanced approach to earthquake risk scenarios with applications to different European towns* (Milutinovic Z. V. y Trendafiloski G.S, 2003) y es común en cada tipología específica, independientemente de las variaciones entre los casos.

El Índice de Vulnerabilidad inicial es un valor numérico entre 0 y 1. Cuanto más cercano sea el valor a 0, más resistente será el edificio frente a sismo, mientras que cuanto más se acerque a 1 la vulnerabilidad será mayor.

Dentro de Beteró, a los diferentes casos se les asigna uno de los 3 Índices vinculados con las 3 tipologías propuestas.

Tabla 2. Índices de Vulnerabilidad inicial

Nom.	Tipología	Índices de Vulnerabilidad Inicial				
		$V_{IBTM \text{ mín.}}$	$V_{IBTM -}$	$V_{IBTM *}$	$V_{IBTM +}$	$V_{IBTM \text{ máx.}}$
M3.2	Estructura de mampostería con forjados de madera	0.460	0.650	0.740	0.953	1.020
M3.4	Estructura de mampostería y forjados de viguetas de hormigón	0.300	0.490	0.616	0.793	0.860
RC3.2	Estructuras irregulares de hormigón armado	0.060	0.127	0.522	0.880	1.020

$V_{IBTM *}$ corresponde con el Índice de Vulnerabilidad Inicial, el que se empleará para cada tipología. Es el valor más probable de una tipología.

$V_{IBTM -}$ y $V_{IBTM +}$ corresponden con los Índices de Vulnerabilidad mínimos y máximos alcanzables con mayor probabilidad.

$V_{IBTM \text{ mín}}$ y $V_{IBTM \text{ máx.}}$ corresponden con los Índices de Vulnerabilidad mínimos y máximos alcanzables.

3.3. Modificadores

A partir del Índice de Vulnerabilidad Inicial, genérico de cada tipología, se asignarán una serie de modificadores que se adapten a cada caso en particular. Los modificadores contemplan los siguientes parámetros.

- Normativa de aplicación
- Edad
- Número de Alturas

-Posición respecto a otros edificios en manzana y diferencia entre el número de las alturas

-Estado de conservación

-Irregularidades formales: tanto en planta como en altura

Cabe tener en cuenta que los modificadores pueden ser positivos o negativos: mejorando el comportamiento frente a sismo o empeorándolo.

Por lo que el Índice de Vulnerabilidad final de cada caso concreto se calcularía según la ecuación.

$$\bar{V}i = Vi^* + \Delta Mr + \Delta Mc$$

Siendo: $\bar{V}i$ el Índice de Vulnerabilidad característico

Vi^* el Índice de Vulnerabilidad inicial

ΔMr el sumatorio de los Modificadores Regionales

ΔMc el sumatorio de los Modificadores de Comportamiento

3.3.1. Modificador regional M_r

Para cada tipología se asigna un índice de vulnerabilidad. Sin embargo, dentro de las mismas tipologías pueden existir diferencias notables dependiendo del periodo en el que se construyeron.

Para el estudio, se parte de que los casos de edad más avanzada datan del 1910. Para definir las variaciones en las tipologías se utilizará la normativa española existente para el cálculo de estructuras, tanto de forma genérica como la específica en relación al sismo.

Una normativa más laxa o inexistente llevará a una probabilidad mayor de que los edificios puedan ser más débiles. Sin embargo, en normativas actuales, donde se utilizan cálculos frente a estados últimos, mayorando cargas y minorando resistencias, lleva a cálculos donde las estructuras resisten mayores cargas de las que han de soportar.

Para este estudio dentro del proyecto Risk-UE surgen las diferencias entre los distintos países por la variabilidad de normativas y el tiempo en el que se aplicaron. Sin embargo, se utilizará como referente los índices propuestos por la Dra. Nieves Lantada (2007), cuyo estudio de Barcelona comparte la misma normativa que el caso de Beteró.

Se pueden reconocer 7 periodos marcados:

-Periodo I - <1940

Este periodo se caracteriza por carecer de normativas de aplicación en el ámbito español. Es decir, no había obligación de cálculos estructurales, y mucho menos se tenía en cuenta el factor de sismo. Además, había casos donde las construcciones carecían de dirección facultativa. Por ello será el periodo más crítico.

Las construcciones de este período se construyeron sin demasiado control, únicamente con la consideración de las cargas gravitatorias en su diseño (SES2002, 2002). El final de este periodo se ha fijado en el inicio del 1940, de acuerdo a opiniones de expertos en la historia y costumbres constructivas de la ciudad. (Lantada N., 2007)

A pesar de que habla en relación a Barcelona, se tomará una similitud temporal para Valencia.

-Periodo II - (1941-1962)

Después de la Guerra Civil comienzan a aparecer materiales de mejor calidad. Todavía no existía normativa en relación a la resistencia de un edificio frente a terremotos. Si que aparecen buenas prácticas, donde en las construcciones se emplean cálculos para que durante los sismos no se supere la resistencia frente a estados límite últimos, aunque de cuestionable funcionamiento.

Además, surge la primera regla que menciona la construcción con hormigón armado. Este documento publicado como *"Reglamento para la aplicación del Decreto sobre las restricciones del hierro en la edificación"* (BOE nº 214, 2 de agosto de 1941), regulaba los cálculos y ejecución de construcciones que empleasen hierro. En este caso empiezan a dominar las estructuras de hormigón armado, pero la cuantía de armadura viene limitada por dicho reglamento. Se recomendaba evitar el uso de armado de compresión en elementos a flexión y reducirlo en elementos a flexocompresión, como en pilares.

[...] *Armaduras para hormigón*

a) Cuantía de armadura. –Se recomienda realizar los cálculos de modo que la cuantía de la armadura sea la menor posible.

[...] *e) Armaduras de elementos sometidos a flexión simple. Cuando no haya razones que se opongan a ello (limitación de altura, etc.), las de las vigas de hormigón armado se proyectarán sin armadura de compresión.*

f) Elementos sometidos a flexión compuesta. – Se proyectarán los elementos sometidos a flexión compuesta de modo que la solución adoptada (con armadura sencilla o doble) sea la de mínimo peso. [...] (BOE nº 214, 2 de agosto de 1941)

-Periodo III - (1963-1968)

El inicio de este periodo viene marcado por la incorporación de la primera normativa española con referencia a las acciones de sismo en España, aunque no era una norma específica. Esta se denominaba MV 101 "Acciones para la edificación" (1963). Se aplicaba el factor sismo mediante un coeficiente obtenido a partir de la intensidad de sismo máxima en la región pertinente y en la clasificación del suelo, en aquel entonces su compacidad.

A pesar de ser la primera normativa, en Valencia no era de obligatorio cumplimiento, puesto que el parámetro establecido para regular las intensidades en cada región, el grado sísmico (en Valencia grado V), era inferior al marcado, grado VII. Sin embargo, si que se veía beneficiado por la derogación de la limitación de armado en la normativa contemplada con anterioridad.

-Periodo IV (1969-1974)

En 1968 sale adelante la primera norma donde el cálculo frente a terremotos es el factor principal: Normativa Sismorresistente PGS-1 (1968). Esta clasificaba el territorio en terrenos de baja, media y alta sismicidad. Esta incluía cálculos frente a sismo de aplicación en Valencia, pero eran bastante básicos al ser un territorio de sismicidad baja. Podían excluirse justificadamente los cálculos frente a sismo. Además, no hace referencia a diseños especiales, solo a consideraciones numéricas.

-Periodo V (1975-1996)

El quinto periodo supone una evolución con respecto a la complejidad de los cálculos a realizar frente a sismo. Aparece la Norma Sísmica PDS-1 (1974). Sin embargo, se continua con el mismo sistema de clasificación y con la no obligación de cálculo en territorios de baja sismicidad, donde se mantiene Valencia. También aparecen las Normas Básicas de la Edificación NBE, en sustitución de las Normas MV (acrónimo del ente responsable, el Ministerio de la Vivienda). Esto supone un salto cualitativo destacable.

-Periodo VI (1997-2004)

En 1994 se publica la norma NCSE 94 (BOE 08/02/ 5). Sin embargo, no es de efecto obligatorio hasta los 2 años posteriores. Añade reglas a efecto tanto de cálculo como de diseño de las estructuras frente a sismo, además de ampliar la obligatoriedad de cálculo a edificaciones en regiones donde la peligrosidad es inferior. En Valencia ya se considera como obligatoria su aplicación, puesto que se encuentra justo en el límite de peligrosidad, con una aceleración sísmica $a_b=0.06g$. Cabe destacar que la referencia principal del proyecto se da en Barcelona, con una aceleración $a_b=0.04g$, inferior a Valencia y a la mínima de obligatoriedad, por lo que mientras que en Valencia se produce una obligatoriedad de cálculo, en Barcelona no.

-Periodo VII (2004 hasta la actualidad)

Dos años antes se publica la norma NCSE-02 (2002). En Valencia se parte de las mismas condiciones que el periodo anterior, sin embargo, en Barcelona supone la inclusión de la obligatoriedad de la normativa. Esta diferencia supone una desigualdad en la construcción en ambas regiones. El periodo anterior supone una mayor contemplación del efecto del sismo en los edificios en Valencia, no produciéndose variaciones con la aparición del presente periodo. Sin embargo, en Barcelona hay un cambio que supone que los edificios sean más vulnerables a sismos en el periodo anterior que en este. A su vez, en Valencia compartirán vulnerabilidad en este periodo, pero en el anterior los edificios en Valencia serán menos vulnerables que en Barcelona, al estar obligado su diseño frente a sismo.

A cada periodo se le asignan unos modificadores regionales dependiendo de la tipología de cada caso. Este modificador, junto al resto, sumará o restará vulnerabilidad al resto de casos. Los modificadores se obtienen en base a juicio de expertos, dependiendo de la vulnerabilidad del edificio.

Tabla 3. Modificadores regionales por tipología

Periodo	Época	Mampostería		Hormigón
		M3.1	M3.4	RC3.2
P I	< 1940	+0.198	-	-
P II	1941-1962	+0.195	+0.134	+0.228
P III	1963-1968	+0.073	+0.134	+0.228
P IV	1969-1974	+0.01	+0.009	+0.103
P V	1975-1996	-0.052	-0.053	-0.022
P VI	1997-2004	-0.052	-0.053	-0.022
P VII	> 2004	-0.052	-0.053	-0.022

En la tabla se marcan con rojo aquellos modificadores que supondrán un impacto negativo en los edificios, aumentando la vulnerabilidad y en verde se muestran aquellos valores que la reducirían. Se puede observar como a partir del periodo V las disposiciones tomadas suponen un avance suficiente como para que, en todas las tipologías, la normativa suponga una mejora en la construcción frente a sismo.

Además, se han sombreado aquellos valores que se encuentran dentro de Beteró. Se descartan los elementos de hormigón anteriores a 1940, es decir, correspondientes al periodo I. En este caso solo existe una tipología disponible y se produce uno de los modificadores más vulnerable. A partir de ahí todos los periodos cuentan con edificios de hormigón, ya sean solo los forjados o todos los elementos, y los elementos de mampostería se ven reducidos, sobre todo aquellos que cuentan con forjados de madera.

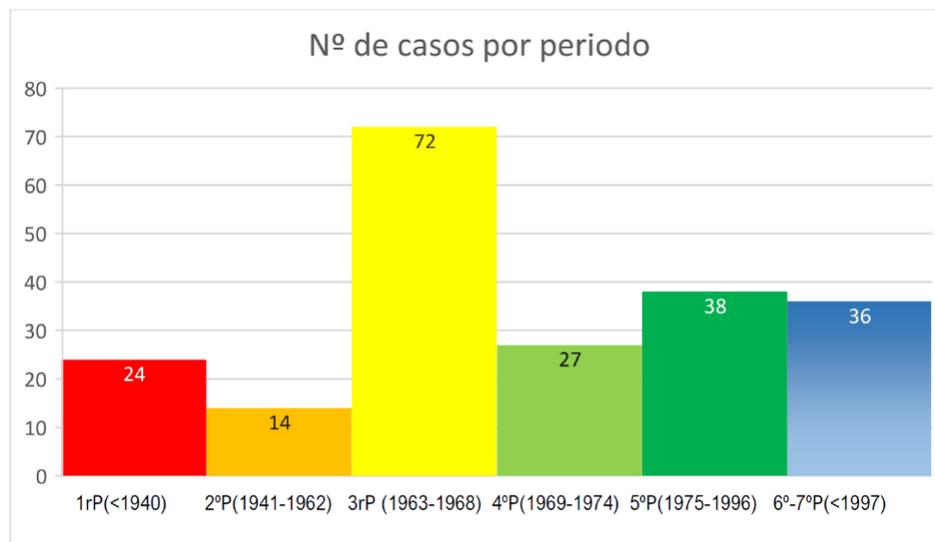


Figura 19. Gráfico distribución de edificios por periodo constructivo

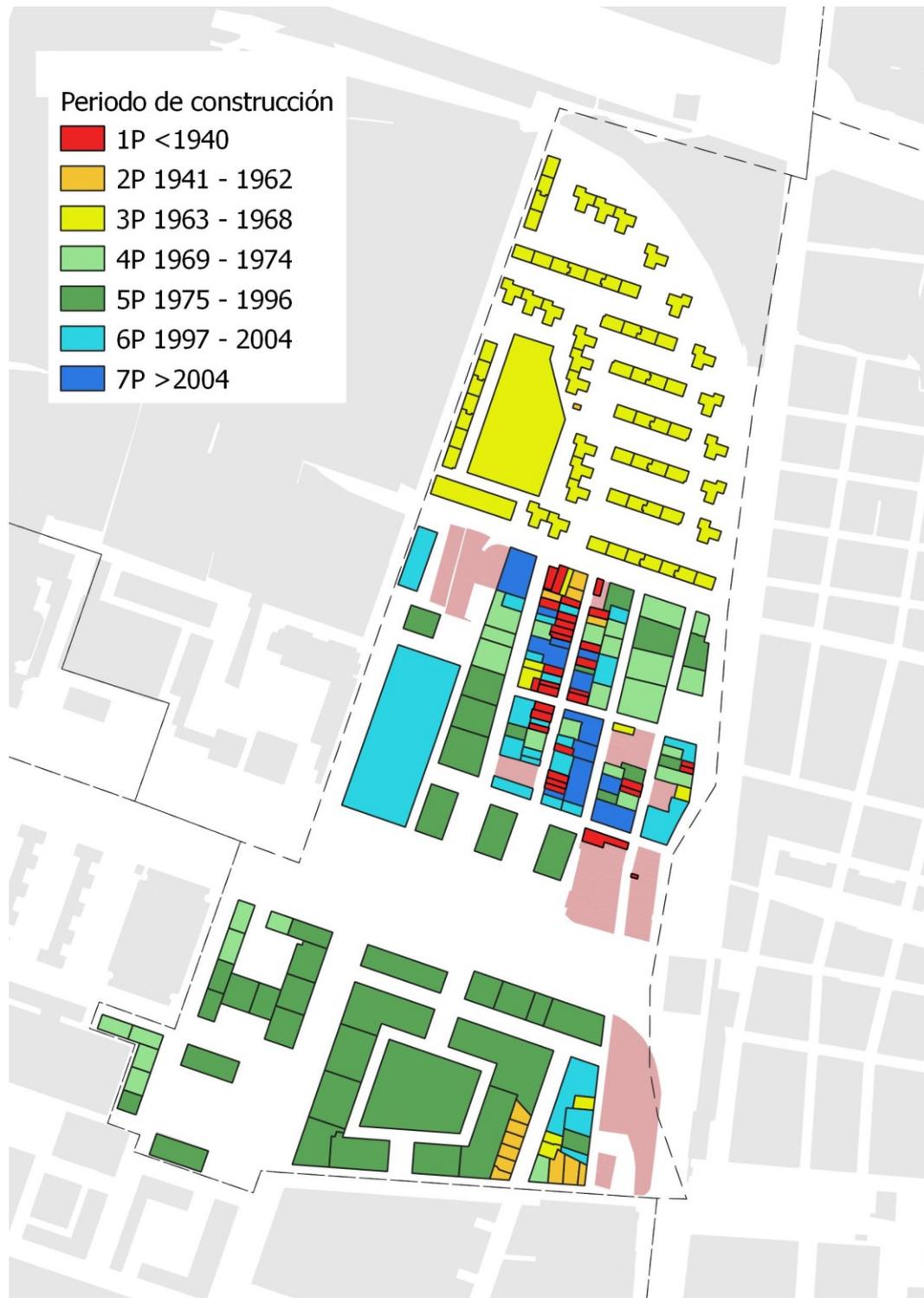


Figura 20. Mapa de edificaciones por periodo de construcción

Al analizar los edificios de Beteró, se encuentra que a excepción del 3º periodo, los otros 5, suponiendo que el 6º y 7º forman uno al mostrar un comportamiento similar en Valencia, están bastante equilibrados. El 3º periodo cuenta con un gran incremento en el número de casos, suponiendo el 34,12% del total, debido a que todo el crecimiento de vivienda social se sitúa en esa etapa (1965).

A pesar de ser un crecimiento homogéneo, es reconocible que, en las épocas anteriores, donde el crecimiento se produjo en el núcleo original, es inferior. Esto se debe a que este crecimiento no estaba sometido a planes específicos.

3.3.2. Modificadores de comportamiento

Mientras que el Modificador regional se apoya en características extrínsecas del edificio, como es la evolución en la construcción, tanto técnicamente como en la aplicación de factores de seguridad y cálculos concretos, los modificadores de comportamiento implican características intrínsecas que afectan al edificio.

Este comportamiento puede verse afectado por 2 tipos de propiedades. En primer lugar, están aquellas que dependen del propio edificio, como su altura o su irregularidad. En segundo lugar, aquellas que dependen de su entorno directo, es decir, los edificios que se relacionen con el caso a estudiar.

3.3.2.1. Modificadores de comportamiento: Propiedades del edificio

-Número de alturas. Mh

Un edificio muy alto corre más riesgo de sufrir mayores daños debido a acciones horizontales como sismos. Por ello, es importante que los materiales sean dúctiles frente a los esfuerzos. Los materiales rígidos generan roturas rápidas. Cuanto más alto sea un edificio, más oscilación provocarán los sismos, por lo que la deformación del edificio será mayor.

Al ser los materiales con los que se construye el esqueleto resistente un factor importante para absorber los movimientos es necesario realizar una separación entre tipologías asumiendo que cada una tendrá unos modificadores y una diferencia en capacidad de generar mayor número de alturas.

Se toma la tabla propuesta por Milutinovic Z.V. y Trendafiloski G.S. (2003) y ampliada por Lantada N. (2007). En este caso solo se utilizarán las tipologías de mampostería y hormigón.

Tabla 4. Modificador en función de la cantidad de alturas

Tipología	Nº de alturas	Modificador Mh	
		<1940	>1940
Mampostería	Bajo (1-2)	-0.02	-0.04
	Medio (3-5)	+0.02	0
	Alto (≥ 6)	+0.06	+0.04
Hormigón	Bajo (1-3)	-0.04	
	Medio (4-7)	0	
	Alto (≥ 8)	+0.08	

En el caso de Beteró, los edificios más altos se encuentran en la parte central, aunque se vinculan más con Algirós. Se trata de una torre de 18 alturas y un bloque de 15 alturas. En la zona sur, en uno de los bordes de la Avenida Blasco Ibáñez, también se encuentran una serie de torres conectadas por zócalos de 15 plantas cada una. Estos edificios, claramente realizados con tipologías de hormigón, son los más vulnerables en cuestión de alturas.

En el caso de la tipología de hormigón predominan los edificios de vivienda plurifamiliar. Las alturas predominantes están en torno a las 5 u 8 plantas. A pesar de ello, se encuentran edificios pertenecientes a las 3 clases.

En cuanto a la tipología de mampostería, su uso se ve más condicionado. Los edificios con mayor número de plantas se sitúan en la parte norte de vivienda social abierta. En este caso, las tipologías tienen entre 3 y 5 plantas, siendo las más desfavorables las de 5 plantas, situadas de forma aislada. El resto de los casos, situados en el núcleo original, no superan las 3 plantas.

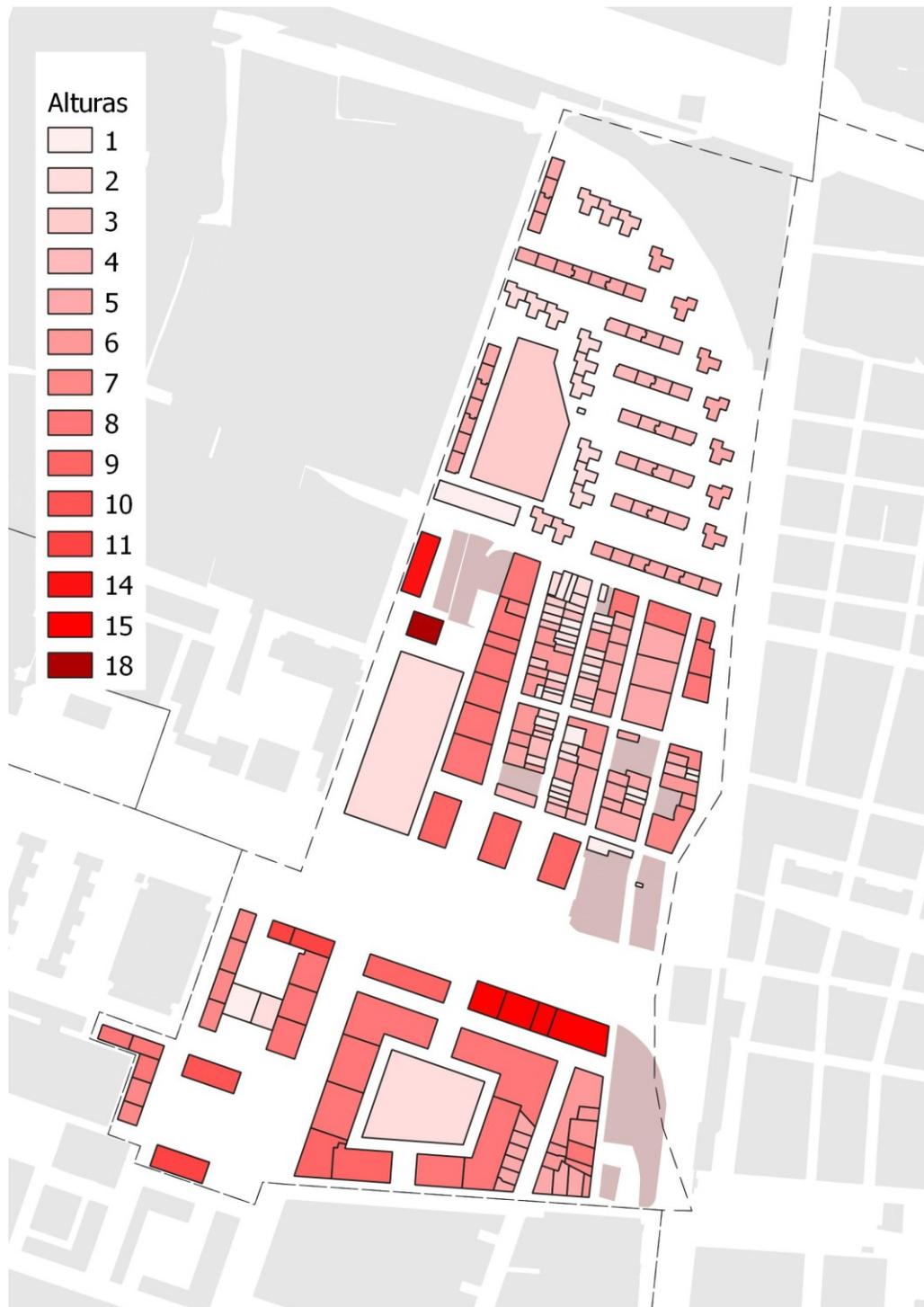


Figura 21. Mapa de alturas

-Irregularidad en altura

Se considera un edificio irregular en altura cuando existe una diferencia importante en los volúmenes generados. Es decir, cuando existe una diferencia importante en el área que generan las plantas de los distintos niveles.

En su tesis, la Dra. Nieves Lantada (2007) realiza varias aproximaciones para asumir cuan irregular es un edificio en relación a su altura. Termina por adaptar una ecuación que toma en cuenta la altura máxima, el área construida de todo el edificio y el área que genera el edificio en planta cenital.

[...] se genera una nueva función [...] que evalúa la altura, o número de plantas (hv) que tendría un edificio con el mismo volumen total que el estudiado y su misma superficie en planta. La diferencia entre este número de plantas, hv y el número máximo de plantas del edificio h_{máx.}, es el valor del parámetro δ , que determinará el modificador a aplicar [...] (Lantada N., 2007)

Con ello se genera la siguiente ecuación:

$$\delta = h_{max} - h_v = h_{max} - \frac{\sum_{k=1}^n (A_k * h_k)}{\sum_{k=1}^n A_k}$$

Siendo h_{máx} la altura máxima y h_v la altura que ocuparía un edificio compacto, donde el área que genera la huella del edificio fuese la misma en todas las plantas que en las que se elevase, es decir, la diferencia entre el número de plantas reales y el número de plantas que ocuparía un edificio perfectamente compacto y regular, ambos compartiendo la misma área construida.

A_k supone el área construida de cada planta y h_k el número de plantas.

En el caso de Beteró, los edificios son bastante regulares. Existen varias excepciones donde se generan irregularidades sobre todo por la existencia de zócalos.

Se podrían destacar una serie de casos vinculados con la Avenida Blasco Ibáñez. Ya han sido mencionados con anterioridad al contar con 15 alturas y ser de los edificios más altos del barrio.



Figura 23. Caso con mayor irregularidad en altura



Figura 22. Detalle Planta Baja

Se puede observar cómo existen 3 plantas distintas. La planta baja queda parcialmente liberada generando un espacio cubierto libre. En la planta inmediatamente superior se genera un pórtico descubierta. En el resto se generen

los elementos tipo torre, pero con una ocupación menor respecto a la huella del edificio baja.

Al calcular la irregularidad en planta de este edificio se obtiene un $\delta = 5.3$. Es decir, ocupando todos los espacios libres que se dejan y construyendo la misma cantidad de superficie se obtendría un edificio más de 5 plantas menor. Si el edificio actual tiene 5 plantas, el edificio perfectamente regular tendría menos de 10. Se reduciría su altura en un 35%.

El modificador a aplicar penaliza a aquellos edificios donde $\delta > 1$. Si $\delta \leq 1$ se considera un edificio regular en planta, por lo que no se toma en cuenta este modificador ($M_{ih} = 0$)

$$\begin{array}{ll} M_{ih} = +0.02 & 1 < \delta \leq 3 \\ M_{ih} = +0.04 & \delta > 3 \end{array}$$

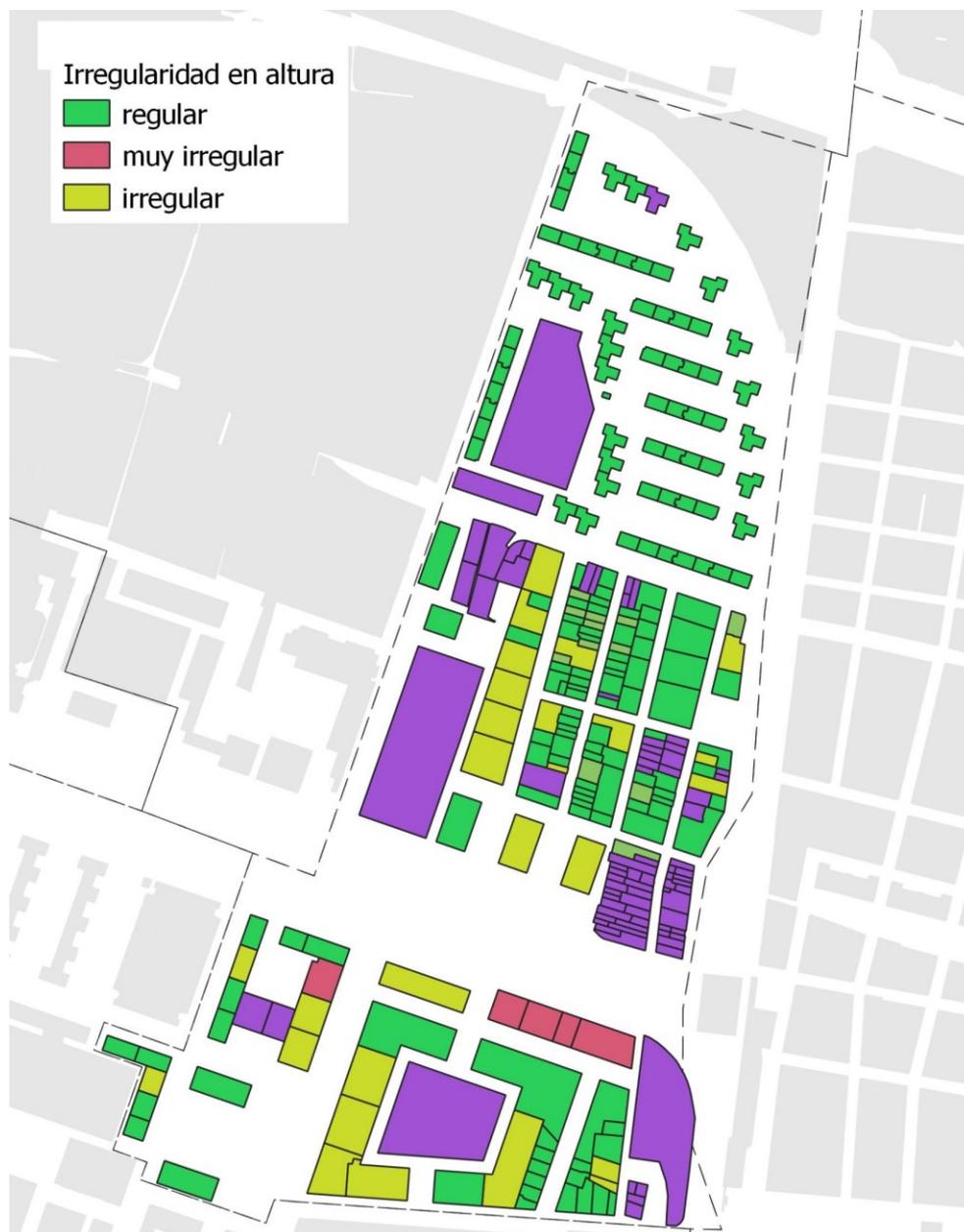


Figura 24. Mapa de irregularidad en altura

-Irregularidad en planta

Al igual que los edificios irregulares en planta se ven afectados negativamente en cuanto a la vulnerabilidad, también lo hacen aquellos que son irregulares en planta.

Un edificio compacto actúa mejor frente a sismo que aquel con una geometría más irregular. El caso perfectamente regular se trataría de un edificio circular, donde todos los puntos están alejados la misma cantidad del centro de gravedad. Si se buscara un caso más común en la arquitectura, un edificio cuadrado se le acercaría. Sin embargo, edificios con geometrías complejas o muy alargadas generan edificios menos compactos y resistentes. Las partes más vulnerables son aquellas protuberancias alejadas del centro de gravedad, que pueden sufrir problemas de torsión o concentración de esfuerzos.

Siguiendo las directrices de la Dra. Nieves Lantada (2007) se vuelve a ver como realiza varias aproximaciones con metodologías distintas para encontrar un sistema sencillo y eficaz en todos los casos para obtener la regularidad en planta.

El sistema definitivo seleccionado es el sistema de Razón de Compacidad/Circularidad (*Compactness Ratio, RC*) propuesto por Udwin (1981)

$$RC = \sqrt{\frac{A}{Ac}}$$

A es el área del edificio en planta y Ac es el área de un supuesto círculo cuyo perímetro equivale al radio.

[...] El índice de compacidad vale 1 cuando el polígono es un círculo, y toma valores entre 1 y 0 para cualquier otra forma. Puede verse fácilmente que para un edificio de planta cuadrada RC vale $0.5 * \pi = 0.89$. Cuanto más diferente de un círculo sea el polígono estudiado, más se acercará a 0 el índice RC. (Lantada N. 2007)

Es decir, los procesos de irregularidad en altura y la planta siguen un sistema similar en el que se compara el edificio propuesto con un edificio supuesto con características similares, pero perfectamente regular.

En este caso, el edificio perfectamente regular sería un círculo, por lo que el área de este se mide con el perímetro del caso real. Un círculo es la figura geométrica que necesita el menor perímetro para contener un área específica, es decir, es la figura más compacta. Cuanto más irregular sea un edificio, más aumentará su perímetro con respecto a su área. La razón de compacidad mide fundamentalmente la relación entre el área de un edificio y su perímetro. Por ello cuando más tienda a 0, más irregular será el caso estudiado.

$$P = 2\pi * r \rightarrow r = \frac{P}{2\pi} \quad Ac = \pi * r^2 = \pi * \left(\frac{P}{2\pi}\right)^2 = \frac{P^2}{4\pi}$$

$$RC = \sqrt{\frac{A}{Ac}} = \sqrt{\frac{A}{\frac{P^2}{4\pi}}}$$

Con ello se establece una Razón de Compacidad para cada caso. Se define como un edificio regular en planta aquel con un $RC \geq 0.7$, por lo que no se verá afectado por este modificador ($Mip = 0$). Para el resto de los casos se establecen 2 niveles de irregularidad, los edificios en cada caso se verán afectados por un modificador positivo, es decir, aumentará su vulnerabilidad a sismo.

Tabla 5. Modificador de Irregularidad en Planta

RC	Mip
$RC < 0.5$	+0.04
$0.5 \leq RC < 0.7$	+0.02

En el caso de Beteró, los edificios son bastante regulares. No alcanzan el modificador más desfavorable en ningún caso. Entre las irregularidades medias, destacan aquellas edificaciones rectangulares donde predomina una de las 2 dimensiones. Este hecho puede verse causado por la disposición de las parcelas con respecto a las manzanas. Hay algunos casos donde la irregularidad no es por elementos alargados, sino por elementos situados de forma terminal que forman una L. Esto es debido a las agrupaciones de parcelas que pueden producirse con el tiempo

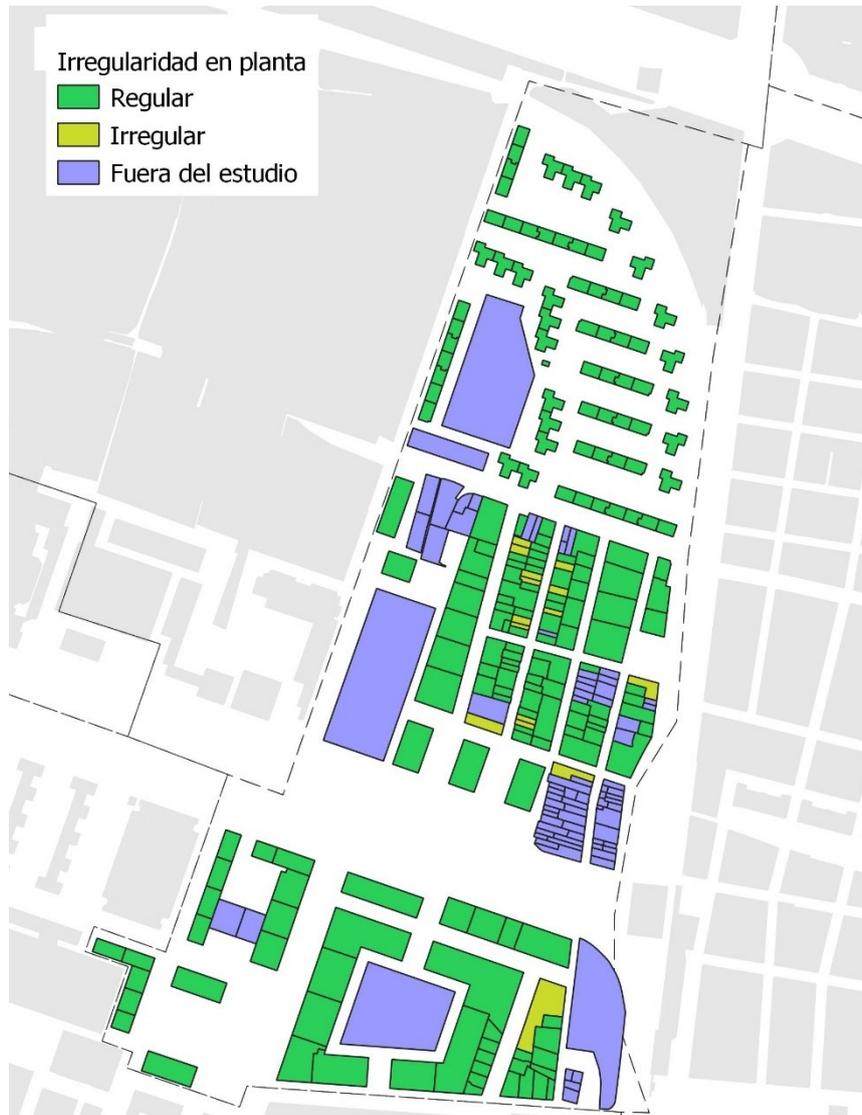


Figura 25. Mapa de Irregularidad en Planta

-Longitud de fachada

Sobre Barcelona, en la tesis de la Dra. Nieves Lantada aparece una cita importante sobre la construcción de los edificios con tipologías murarias de mampostería.

Durante los trabajos de rehabilitación o demolición de elementos de los edificios de mampostería del distrito del Eixample, se han podido observar una serie de características constructivas que les hacen particularmente vulnerables frente a un sismo. Una de estas características, que se presenta en el 100% de estos edificios, es la falta de conexión entre los muros de la fachada y los muros de carga interiores del edificio, perpendiculares a ella. A ello se une el grosor insuficiente de las diferentes partes del muro de fachada, que puede variar entre los 60 cm en la planta baja y los 30 cm en los pisos más altos (Paricio, 2001).

Es decir, en un estudio de la ciudad de Barcelona muestra como los edificios de mampostería sufren una desconexión entre fachada y estructura, lo que conlleva un trabajo poco solidario entre ellos. Debido a la menor rigidez de la fachada podría ser un síntoma de un fácil colapso frente a sismos débiles, si la fachada es muy grande.

Por ello, la Dra. Nieves Lantada supone que el límite para considerar que una fachada es muy larga está en 15 metros. Esta es la longitud de partida con la que se estima que la fachada de un edificio colapsaría con un terremoto de aceleración 0.1g, mayor a la aceleración de Valencia, donde $a_b = 0.06g$

Para obtener el modificador se aplica la siguiente ecuación

$$M_f = \frac{0.04}{15} * L_{fachada} \quad \text{si } L_{fachada} > 15 \text{ m}$$

Sin embargo, los edificios de mampostería de Beteró se encuentran mayoritariamente en el núcleo original del barrio, siguiendo estas las directrices formales de su germen, el barrio Cabanyal-Canyamelar. Las parcelas se caracterizan por ser de fachadas estrechas y muy largas, donde la estructura se sitúa paralelamente a la cara larga de la parcela. Con el trazado original no se generan fachadas largas. Los casos con mayores fachadas se sitúan en torno a los 7 metros, sin embargo, el modificador no se considera hasta los 15 metros.

Cabe destacar de que hay parcelas con fachadas aparentemente superiores a los 15 metros. Sin embargo, estas se encuentran en esquinas, suponiendo una doble fachada y la consecuente conversión del lado largo de la parcela de medianera a fachada. Si se supone que los muros siguen la misma direccionalidad que en las parcelas interiores, estas fachadas largas serían realmente los mismos muros de carga, por lo que el modificador no haría efecto.



Figura 26. Edificio en esquina con doble fachada 93267-01

-Estado de Conservación

El parámetro del estado de conservación se refiere mayoritariamente a la integridad de la estructura. Es un parámetro parcialmente vinculado a la edad del edificio, sin embargo, no es una apreciación totalmente objetiva. Pueden existir edificios aparentemente nuevos, pero con una ejecución deficiente y edificios que sobrepasen su vida útil, pero que hayan recibido una reforma

Actualmente el Código Técnico de la Edificación, en España, data la vida útil de un edificio en 50 años.

Siguiendo los mismos modificadores que la Dra. Nieves Lantada (2007), se clasificarán los edificios en 3 niveles dependiendo de su estado de conservación estructural, aplicando a cada nivel un modificador concreto.

Tabla 6. Modificador Mec

Estado	Modificador Mec
Estructura con necesidad de intervención	+0.04
Estado intermedio	0
Edificio en buenas condiciones	-0.04

Para analizar el estado de conservación se han utilizado 2 herramientas.

Primeramente, se ha realizado una visita de campo con el objetivo de inspeccionar in situ las estructuras de los casos estudiados. Sin embargo, en algunos casos esta está oculta, por lo que solamente se puede intuir correlacionando el estado de otros elementos constructivos con el estado estructural.

En algunos casos, se dispone del Informe de Evaluación del Edificio (desde 2018), proporcionado por la Generalitat Valenciana. Este informe es un documento que recoge el estado de los diferentes elementos que componen un edificio, como la estructura, las instalaciones, la accesibilidad u otros elementos constructivos. Con ello, indica que partes necesitan actuaciones, urgentes o no.

No se dispone de todos los edificios, puesto que solo es obligatorio en edificios con una edad superior a los 50 años o aquellos para los que se haya solicitado una ayuda pública con motivo de realizar intervenciones de mejora. A pesar de ello, no todos los edificios con una edad superior a los 50 años cuentan con el Informe.

El informe es vigente durante 10 años.

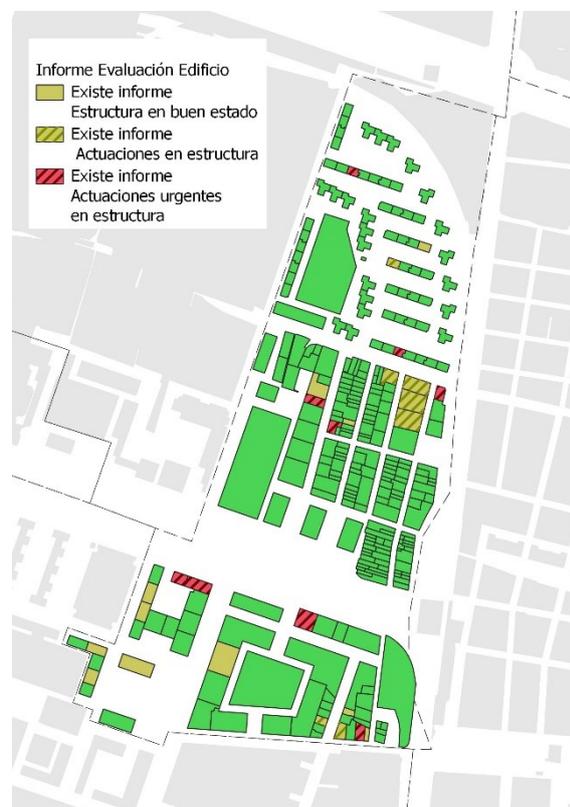


Figura 27. Informe de Evaluación del Edificio – (ICV)

La edad de los edificios se ha empleado como un parámetro de partida que permita establecer la probabilidad de un edificio de que se encuentre en mal estado o no. Es más probable que un edificio relativamente nuevo tenga un mejor estado de conservación que uno que ha cumplido su vida útil. Pero esto es un parámetro no completamente corroborado, por lo que se confirmará mediante la visita de campo.

Dentro de Beteró, hay un caso que requiere de especial mención. Es un bloque con 7 edificios perteneciente a la parte norte de vivienda social abierta. Es uno de los elementos con estructura exterior de hormigón y tipologías rectangulares. Data del 1965, por lo que ya ha superado los 50 años de vida útil. Es el bloque nombrado como 92315.

En la visita de campo se observó como los elementos de hormigón armado presentan problemas de fisuración, pérdida de recubrimiento dejando la armadura vista y oxidación del armado.

Dentro del mismo complejo de vivienda abierta hay otro caso donde existen problemáticas visibles en la estructura. En este caso no se generan problemas tan comunes, sino que existe una infiltración de elementos vegetales dentro de los elementos constructivos, incluyendo la estructura (d). Este edificio es el 93282.

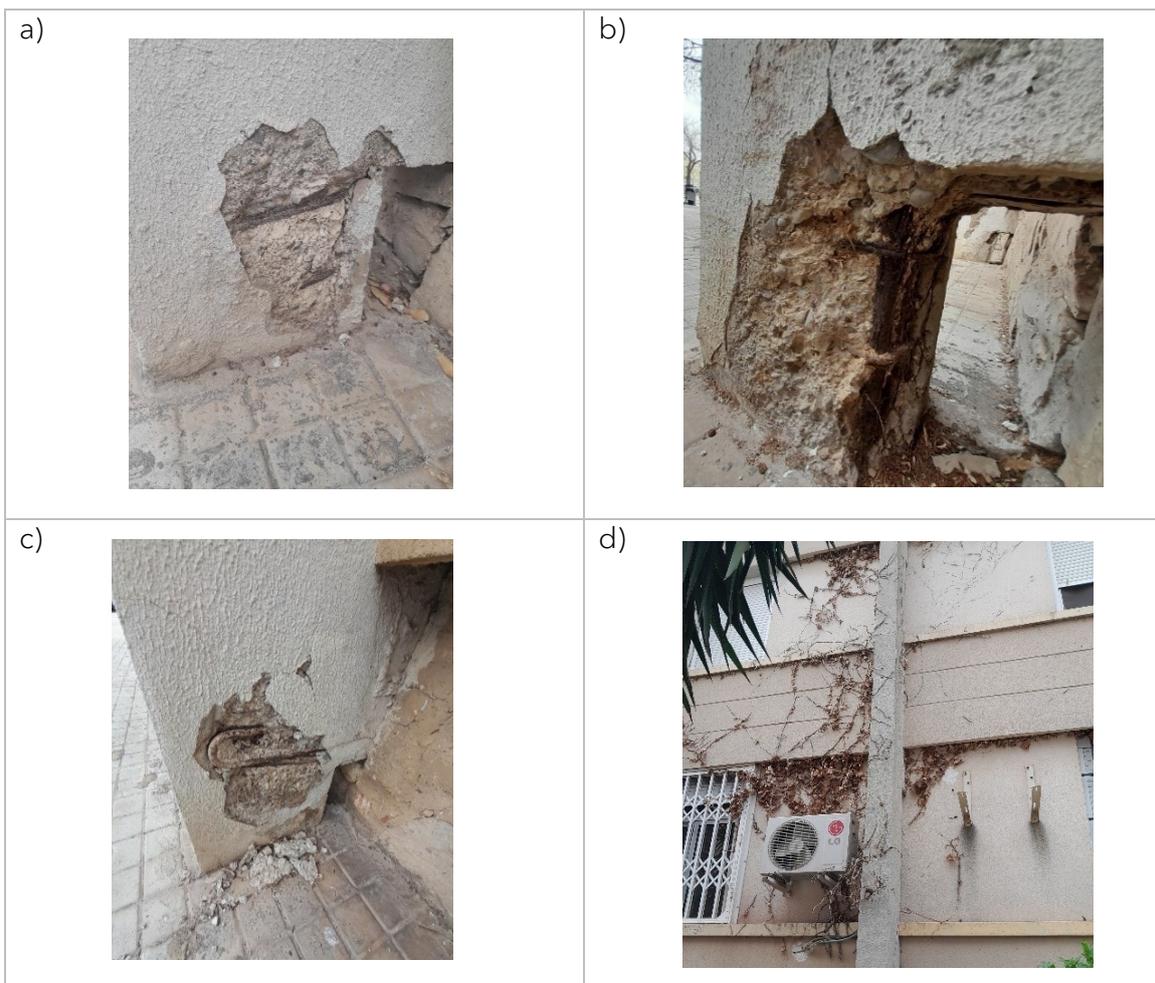


Figura 28. Daños estructurales

De forma generalizada, el estado de conservación de la parte de vivienda social no es bueno, por lo que se tomarán modificadores intermedios o negativos.

Los edificios de fábrica del mismo complejo también presentan algunos problemas de mantenimiento. Se trata de la caída de los recubrimientos de los muros portantes. Sin embargo, al no contener armado, esto no genera problemas mayores como oxidación o corrosión.

Cabe destacar, que la falta de revestimiento en dichos edificios fueron el principal indicativo de que pertenecen a una tipología de muro de fábrica portante.

En el resto del barrio ha sido más difícil detectar patologías por la falta de evidencias visuales claras. Sin embargo, se mencionará un caso particular. Es el edificio 90259-02, con una fecha de construcción de 1974. Pertenecer a la parte más nueva de Beteró.

Actualmente se encuentra parcialmente cubierto por una malla. Cuenta con un Informe de Estado de la Edificación del año 2022, a pesar de que en esa fecha la edad del edificio era inferior a los 50 años. Este informe indica que tiene 20 actuaciones pendientes a realizar, 6 de ellas urgentes. Algunas son de carácter estructural, pues se considerará un modificador que aumente la vulnerabilidad frente a sismo.



Figura 29. Falta de recubrimiento en muro portante. Caso 93311



Figura 31. Edificio 90259-02 con malla en la parte izquierda

Inf. General		
Catastro		
Informe de evaluación del edificio		
Expedient:	46-IEE-02937-22	
Adreça:	AVENIDA BLASCO IBANEZ, 180	
Referència cadastral:	9025902YJ2792E	
Any de construcció:	1974-01-01T00:00:00	
Resum:		
Estat conservació:	6 intervenciones urgentes pendientes de ejecutar en: , soporte, acabado, forjado_boveda_cupula1, carpinteria	14 intervenciones a medio plazo en: , soporte, elementos_singulares, material_cubricion, acabado, forjado_boveda_cupula1, contadores_electricos, carpinteria, singulares
Estat de l'accessibilitat:		
Intervencions com aquestes susceptibles mitjançant ajustos raonables per a salvar les barreres arquitectòniques existents en espais comuns de l'edifici.		
Avaluació energètica de l'edifici:	Qualificació segons emissions de diòxid de carboni (KgCO2 /m²•any) D	Qualificació segons consum d'energia primària no renovable (KWh /m²•any) D

Figura 30. Informe de Evaluación del Edificio del Caso 90259-02 Informe Evaluación del Edificio 2018 CC BY 4.0 © Institut Cartogràfic Valencià, Generalitat

3.3.2.2. Modificadores de comportamiento: Propiedades del entorno

Además de las características del propio edificio a estudiar, es necesario conocer cómo influye el entorno en el comportamiento del edificio. Para comenzar, es necesario tener en cuenta si el caso tiene relación directa con algún otro edificio, por ejemplo, formando parte de una manzana, situación común de la ciudad Mediterránea. A partir de esa relación, pueden darse aspectos adicionales que condicionen el comportamiento frente a sismo del caso.

[...] 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. (Lantada N., 2007)

-Posición en manzana del edificio

En el presente estudio se abordará la posición en manzana del edificio mediante 4 clases, dependiendo de la situación y número de paredes contiguas con otro edificio.

El primer caso es el más habitual en la ciudad Mediterránea. Esta ciudad se organiza en manzanas. Las manzanas pueden contener 3 clases de edificios según su posición. La primera clase es la posición interior, donde el edificio comparte 2 medianeras con otros 2 edificios y solo tiene una fachada dando al exterior. Esta clase es el modelo más favorable frente a sismo, puesto que el edificio se ve envuelto con otros 2 que colaboran en su resistencia frente a sismo.

La segunda clase, dentro de las manzanas también, es el edificio con posición en esquina, aquel que se encuentra en un cruce de calles. También comparte 2 medianeras con otros 2

edificios, pero en este caso estas tienden a ser perpendiculares, por lo que el edificio tendrá 2 fachadas. A pesar de estar contiguo a 2 edificios, no se apoya sobre ellos, por lo que el comportamiento frente a sismo se ve empeorado con la posición en esquina debido a la doble direccionalidad del edificio. Por ello se le aplicará un modificador positivo que aumente la vulnerabilidad frente a sismo.

La tercera clase y caso más desfavorable dentro de la manzana, es el edificio en posición terminal. Este caso sería equivalente a unir 2 edificios en esquina y aquellos que se encuentren entre ellos. Comparte una única medianera con los edificios de la manzana, mientras que se suelen generar al menos 3 fachadas, si la forma de la manzana es rectangular.

La cuarta clase es el edificio exento. Esta clase se caracteriza por no tener contacto con ningún edificio, es decir, no existe entorno que pueda influir al comportamiento

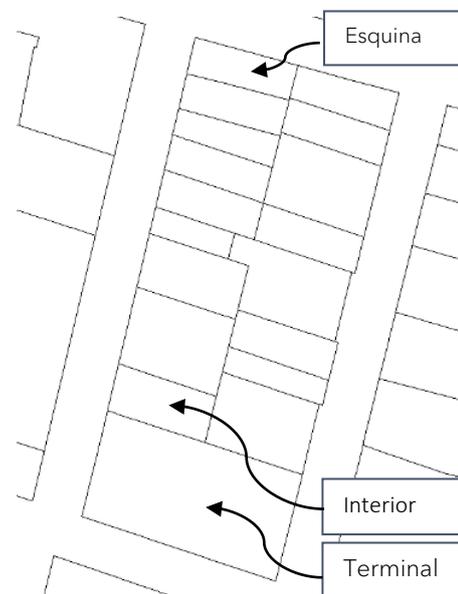


Figura 32. Ejemplo posición en manzana. Caso 93277

del caso estudiado. Esta clase, al no pertenecer a una manzana, no se considera para la aplicación del modificador.

Con ello, se toman los modificadores propuestos por la Dra. Nieves Lantada (2007) y recogidos en la siguiente tabla:

Tabla 7. Modificadores de posición Mpf

Posición	Modificador
Interior	-0.04
Esquina	+0.04
Terminal	+0.06

A pesar de tener una parcela asignada en una posición concreta dentro de una manzana, un edificio puede no estar en la clase que se le presupone, e incluso puede variar de clase con el paso del tiempo. Pueden existir solares sin edificar que influyan en la posición en manzana, convirtiendo edificios interiores en edificios en esquina o terminales y edificios en esquina en edificios terminales.



Figura 33. Variación de posición en 92287-16. 2022 frente a 2006. ICV (2022-2006) - Ortofoto 2022CC BY 4.0 © Institut Cartogràfic Valencià, Generalitat / PNOA 2006 CC BY 4.0 www.scne.es

El caso mostrado, como ejemplo es el 92287-06. Es un edificio cuya parcela se encuentra en una posición interior dentro de una manzana cerrada. Aproximadamente en el año 2005 se derribó un edificio de carácter industrial en la parcela terminal que tenía adyacente al norte, por lo que pasó de ser un edificio con posición interior a un edificio con posición esquina. Más tarde, en 2008 se volvió a construir en esa parcela, por lo que recuperó la posición interior. Hay diferentes variaciones de este caso, pero la existencia de un solar sin construcciones en una manzana afecta al comportamiento del entorno directo de dicho solar.

Hay que destacar que Beteró es un barrio joven, por lo que la manzana no es una casuística mayoritaria. Existen multitud de edificios exentos, ya sean bloques aislados o torres, y edificios de bloques adosados. La manzana cerrada es la variante predominante en el núcleo original central. Sin embargo, en las ampliaciones norte y sur predominan los bloques adosados y elementos exentos. También se dan casos de manzana, pero en este caso forman grandes manzanas abiertas.

-Diferencia de altura frente a los edificios adyacentes

Aparte de la posición en manzana que ocupa un edificio, es necesario estudiar cómo se relacionan desde los alzados, es decir, la diferencia de alturas que se generan. El modificador penaliza aquellos edificios cuya altura sea superior a la de los edificios adyacentes, mientras que mejora el comportamiento en aquellos cuya altura sea inferior. Para este caso, se considerará que una diferencia de altura significativa es aquella cuya variación sea de al menos 2 plantas.

El modificador a aplicar se expone en el siguiente esquema, obtenido en base al estudio de (Milutinovic Z. V. y Trendafiloski G.S, 2003):

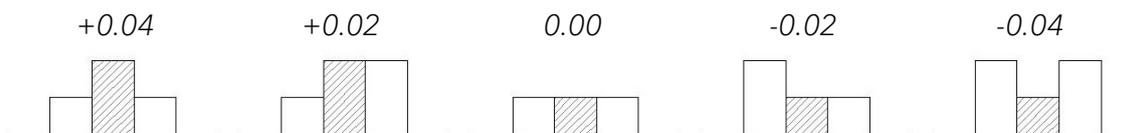


Figura 34. Modificadores de diferencia de alturas M_{hf}

En casos de sismo, los edificios adyacentes pueden sufrir problemáticas de "pounding" o golpeteo. Esto se produce debido a la diferencia de movimientos que se genera en el límite entre 2 edificios, lo que provocará que las estructuras se golpeen repetidamente una contra la otra. La diferencia de movimientos puede darse por diferencias geométricas o materiales, que variarían la inercia de los elementos estructurales. Además, la diferencia de cota de los forjados en 2 edificios adyacentes también implica diferencias de comportamiento, puesto que al variar las secciones se dan conexiones entre zonas con grandes diferencias de rigideces.



Figura 35. Efecto del pounding en Lorca tras el sismo 11/05/2011. © A. Guardiola-Víllora & L. Basset-Salom

Uno de los factores importantes a tener en cuenta es el Periodo Fundamental del edificio, directamente proporcional a la altura. Índica el periodo de movimiento del edificio. Periodos distintos provocan mayores daños. (Suárez L., 2020)

4. Índice de Vulnerabilidad Final

Una vez obtenido el Índice de Vulnerabilidad Inicial de cada tipología asignada y los modificadores correspondientes a cada caso particular, se procederá a calcular el Índice de Vulnerabilidad Final propio de cada edificio según la ecuación.

$$\bar{V}_i = V_i^* + \Delta M_r + \Delta M_c$$

4.1. Efecto de los modificadores.

El efecto de los modificadores tiende a aumentar la vulnerabilidad de los edificios en la mayoría de los casos. De los 211 edificios estudiados se disminuye el Índice de Vulnerabilidad Inicial por tipología al aplicar los modificadores en 43 edificios, alrededor del 20% de los casos.

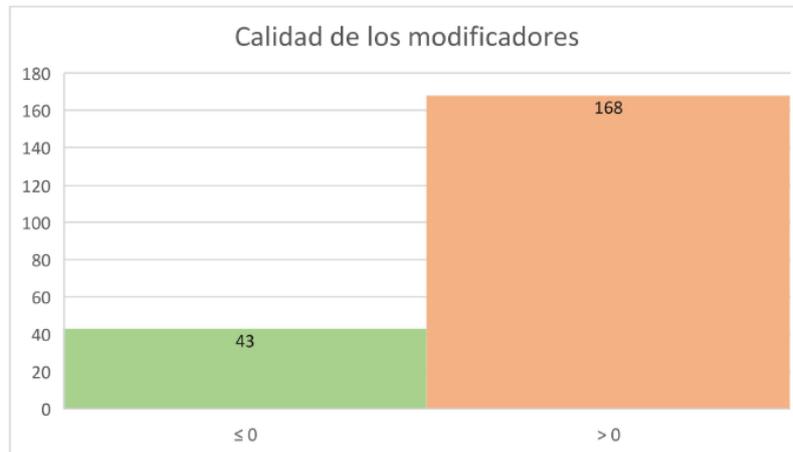


Figura 36. Gráfico comparativo entre casos cuyo índice de Vulnerabilidad se ve reducido e incrementado

Hay que destacar que, no sólo el número de casos en que los coeficientes reducen la vulnerabilidad sísmica son menores, sino que la mejora que suponen en la vulnerabilidad final es, cuantitativamente inferior al efecto que suponen los modificadores que incrementan la vulnerabilidad inicial.

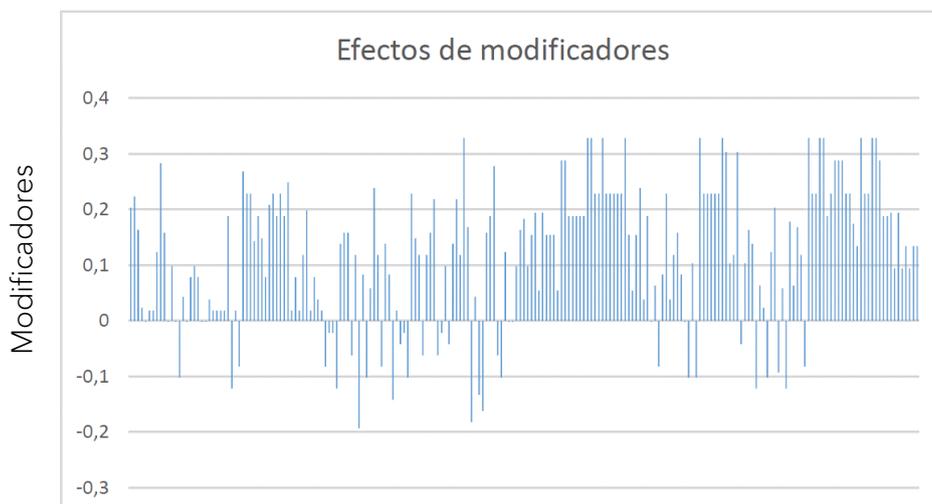


Figura 37. Gráfico de modificadores caso por caso

Los edificios cuyos modificadores terminan por disminuir la vulnerabilidad son edificios construidos recientemente en los que se aplica la última normativa y sin grandes defectos, de una altura baja y una posición en manzana interior, además de tener forma regular.

Mientras que aquellos que adquieren un mayor aumento de vulnerabilidad tienden a ser edificios de hormigón dentro de los años 60, donde la normativa penaliza mucho, situados en las manzanas originales. Además, se encuentran en posición desfavorable dentro de la manzana, como en esquina o terminales y superan en altura a sus respectivos edificios colindantes, pues estos se rodean de edificaciones de 1 o 2 plantas mientras que estos suelen superar las 5-6 plantas.

Cabe destacar que mientras los edificios con mejores modificadores si son aquellos que se traducen en mejores Índices de Vulnerabilidad Finales, los edificios con peores modificadores no son aquellos con peores Índices de Vulnerabilidad Iniciales.

El motivo es que el índice de vulnerabilidad inicial de la tipología estructural mampostería (M3.1 y M3.4) aumenta significativamente el índice de vulnerabilidad con respecto al efecto de los modificadores de mayor valor a considerar en los edificios de hormigón (RC3.2)

Tabla 8. Síntesis de efecto de modificadores

Material	Tipo	$\Delta M_{\text{mínimo}}$	$\Delta M_{\text{medio-}}$	ΔM_{medio}	$\Delta M_{\text{medio+}}$	$\Delta M_{\text{máximo}}$
Mampostería		-0.193	-0.1397	+0.1290	+0.1469	+0.278
	M3.1	-	-	+0.156	+0.156	+0.278
	M3.4	-0.193	-0.1397	+0.1015	+0.136	+0.194
Hormigón	RC3.2	-0.162	-0.0645	+0.1135	+0.1713	+0.328
Total		-0.193	-0.0697	+0.1157	+0.163	+0.328

4.1.1. Efecto de los modificadores: Casos con mayor reducción de vulnerabilidad

En este apartado se describirán aquellos edificios con mayor modificador negativo, aquellos cuyas características implican una menor vulnerabilidad frente a sismo.



Figura 38. Edificio 92275-26

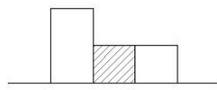
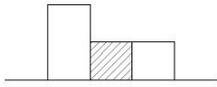
Caso 92275-26	Modificador -0.193
Tipología	M3.4. Mampostería + Viguetas de hormigón
Alturas	2 - Bajo
Fecha construcción	1997 - 6º periodo
Posición	Interior
Irregularidad en planta	Regular - 0
Irregularidad en altura	Regular - 0
Relación de alturas con colindantes	-0.02 
Conservación	Buen estado



Figura 39. Edificio 92284-27

Caso 92284-27		Modificador -0.162
Tipología	RC3.2. Pórticos de hormigón con muros de relleno	
Alturas	2 - Bajo	
Fecha construcción	2006 - 7º periodo	
Posición	Interior	
Irregularidad en planta	Regular - 0	
Irregularidad en altura	Regular - 0	
Relación de alturas con colindantes	-0.02	
Conservación	Buen estado	

En ambos casos los modificadores son casi los mejores para su respectiva tipología, que permite diferenciar el comportamiento de ambos debido al Modificador Regional que contempla la diferencia de normativa. Sin embargo, hay un factor que comparten ambos e impiden que tengan una serie de modificadores de comportamiento perfectos: Solo tienen un edificio colindante con una altura considerablemente mayor.

4.1.2. Efecto de los modificadores: Casos con mayor aumento de vulnerabilidad

En este apartado se describirán aquellos edificios con mayor modificador positivo, aquellos cuyas características implican una mayor vulnerabilidad frente a sismo.



Figura 40. Edificio 92284-20

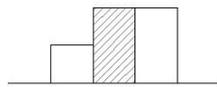
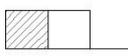
Caso 92284-20		Modificador +0.328
Tipología	RC3.2. Pórticos de hormigón con muros de relleno	
Alturas	6 - Medio	
Fecha construcción	1968 - 3r periodo	
Posición	Esquina	
Irregularidad en planta	Regular - 0	
Irregularidad en altura	Regular - 0	
Relación de alturas con colindantes	+0.02	
Conservación	Informe de Evaluación de Edificio negativo (no urgente) - +0.04	



Figura 41. Edificio 92315-01

*Este caso se repite en los edificios similares de la agrupación con un mal estado de conservación

Caso 92315-01		Modificador +0.328
Tipología	RC3.2. Pórticos de hormigón con muros de relleno	
Alturas	5 - Medio	
Fecha construcción	1965 - 3r periodo	
Posición	Terminal	
Irregularidad en planta	Regular - 0	
Irregularidad en altura	Regular - 0	
Relación de alturas con colindantes	+0.00	
Conservación	Informe de Evaluación de Edificio negativo (urgente) - +0.04	

Los edificios con peores modificadores no son aquellos que tienen las peores características. Estos casos se ven muy influenciados por el Modificador Regional, al ser edificios de hormigón y pertenecientes al 3r periodo. También destacan por estar en mala conservación. A pesar de estar clasificados como edificios de una altura media, son altos para la época a la que pertenecen, sin embargo, esto no se refleja. Tienen posiciones dentro de la manzana desfavorables, ya sean terminales o en esquina. Además, su relación con edificios similares es de igualdad o superior en alturas.

4.2. Resultados: Índice de Vulnerabilidad Final

Para terminar, se aplica los efectos de los modificadores a los Índices de Vulnerabilidad Iniciales a cada edificio para obtener los Índices de Vulnerabilidad particulares de cada caso. Con ello se obtendrán los resultados finales de los Índices de Vulnerabilidad particulares de cada edificio, resumidos en gráficos y cartografías.

Primeramente, se ha comparado los resultados obtenidos antes de aplicar los modificadores, es decir, con el Índice de Vulnerabilidad Inicial asignado dependiendo de la tipología, y tras aplicarlos, con el Índice de Vulnerabilidad Final.

Se puede ver como en el primer gráfico (véase Figura 43). solo refleja 3 Índices de Vulnerabilidad distintos entre todos los casos. Este depende únicamente de las tipologías estructurales. Se refleja una mayoría de resultados en 0.522, al ser las estructuras predominantes de hormigón. Solo hay 48 casos de mampostería, los puntos dispares, arrojando Índices Iniciales de 0.616 y 0.740, en tipologías de forjado de viguetas de hormigón y forjado de madera respectivamente.

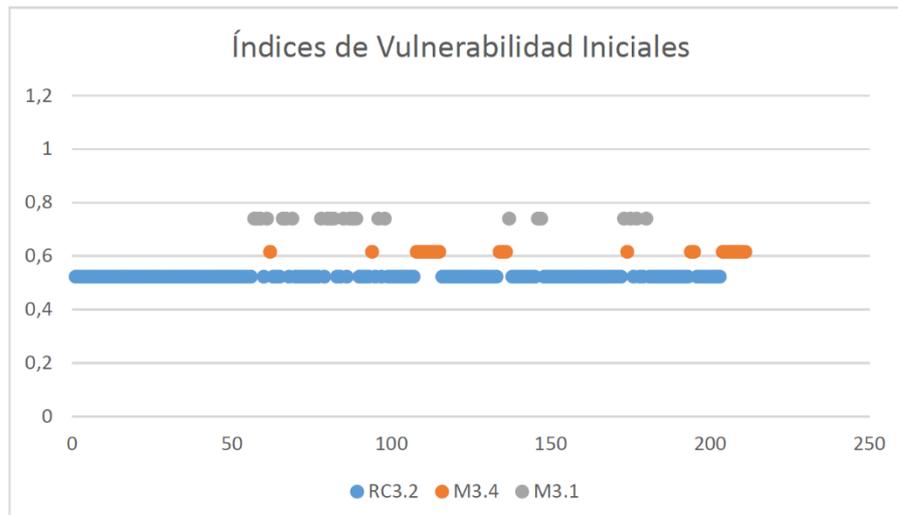


Figura 43. Gráfico de distribución por caso de Índices de Vulnerabilidad Iniciales

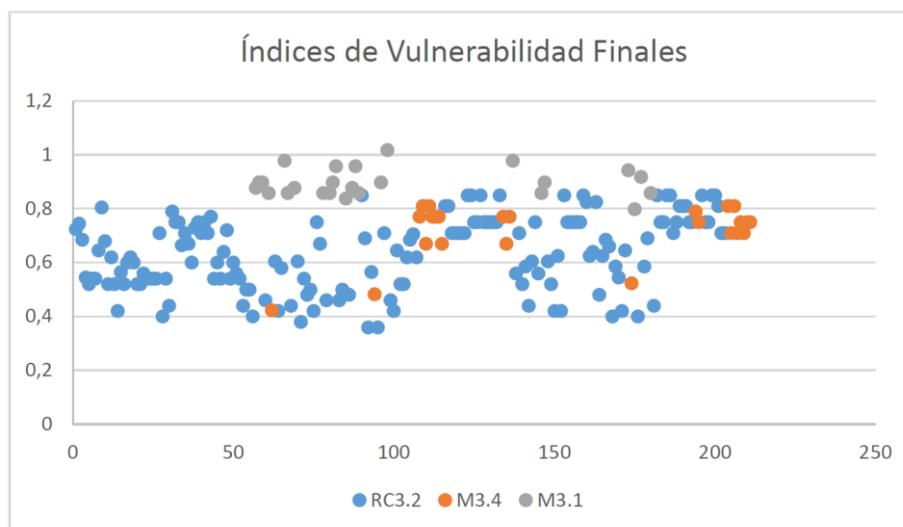


Figura 42. Gráfico de distribución por caso de Índices de Vulnerabilidad Finales

En el segundo gráfico (véase Figura 42) los resultados son mucho más heterogéneos, sin embargo, se puede percibir como la media se sitúa por encima de la del primer gráfico, aportando los modificadores en su mayoría un aumento de la vulnerabilidad.

Existen unos pocos casos donde los Índices de Vulnerabilidad suponen un descenso por debajo del 0,4. Estos casos son los que contienen los mejores modificadores, que permiten reducir el Índice Inicial hasta 0,2 puntos, y además, edificios de hormigón. Sin embargo, puede apreciarse como existe un caso de mampostería con forjado de hormigón cuyos modificadores permiten mejorar tanto su comportamiento que lo acercan al límite mentado.

Como se ha explicado, en la mayoría de los casos los modificadores empeoran el comportamiento. Dentro de los edificios de hormigón RC 3.2 hay más dispersión de mejora-empeoramiento. En la mampostería se tiende al empeoramiento casi por completo. Todos los casos de mampostería con forjados de madera M3.1 empeoran y solo 3 de los 24 casos, un 12,5%, de mampostería con forjados de hormigón M3.4 muestran un Índice de Vulnerabilidad final inferior a la inicial.

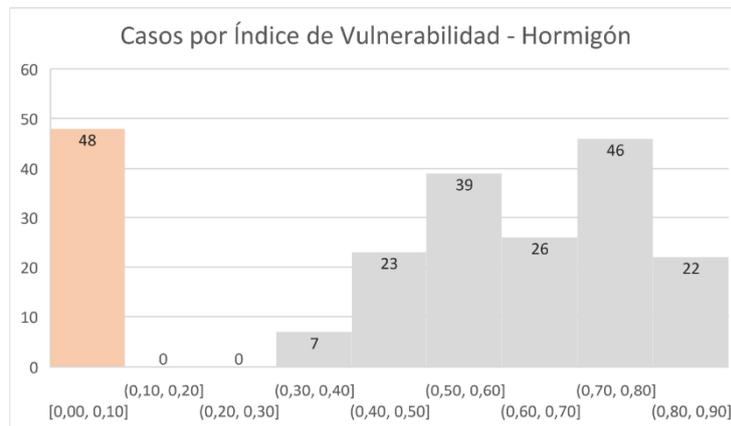


Figura 44. Casos por Índices de Vulnerabilidad – Hormigón (RC3.2)

Dentro de los casos de hormigón RC3.2 (véase Figura 44) el índice de Vulnerabilidad medio es de 0.6356. Es la media más baja y también contiene los casos con menor vulnerabilidad. Los que mayor vulnerabilidad tienen superan por poco a aquellos casos más favorables dentro de la peor tipología, la de mampostería con forjado de madera tradicional.

Hay picos dentro de los rangos de 0.5 - 0.6 y 0.6-0.7, siendo este último el que más casos tiene. A excepción del menor rango 0.3-0.4, el resto está equilibrado. El peor rango 0.8-0.9 es aquel que contiene los edificios más desfavorables. Como se ha expresado con anterioridad, estos casos sí que tienen los modificadores más desfavorables de todo el barrio. Sin embargo, no alcanzan el rango previo a la unidad, por lo que los modificadores no son tan desfavorables.

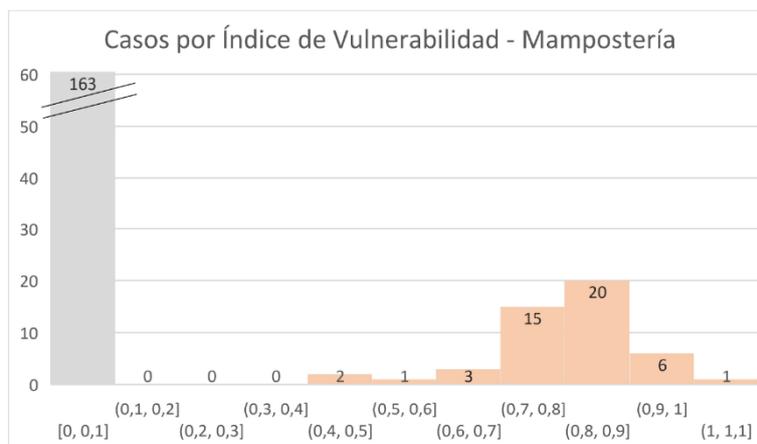


Figura 45. Casos por Índices de Vulnerabilidad - Mampostería (M3.1 y M3.4)

Los edificios de mampostería (véase Figura 45) M3.1 y M3.4 tienen un Índice de Vulnerabilidad medio de 0.7795, más de 0.1 por encima del hormigón. Hay una diferencia notable entre los edificios de forjados de madera tradicionales M3.1 y los de viguetas de hormigón M3.4. Los primeros tienen un Índice de Vulnerabilidad medio de 0.8965, mientras que los segundos de 0.7174. Solo existen 4 casos dentro de los edificios con forjados de hormigón que superen un Índice de Vulnerabilidad de 0.8. Sin embargo, dentro de los forjados de madera solo existe un caso que esté por debajo.

Dentro de los edificios de forjados de madera M3.1 existe el caso más desfavorable. Este es el único que supera la unidad. Los edificios más desfavorables son aquellos situados en el núcleo tradicional. Son edificios de poco porte, pero con antigüedad.

Cabe destacar 2 rangos. El mayor, 0.8 -0.9, es aquel donde se encuentra la mayor cantidad de casos dentro de los edificios de mampostería tradicionales. Mientras que el siguiente con más casos, 0.7-0.8, es donde se encuentra el grueso de casos de edificios de mampostería con forjados de hormigón.

Por último, se expone la cartografía final del barrio donde se grafía la graduación de los Índices de Vulnerabilidad Finales (véase Figura 46).



Figura 46. Mapa Índices de Vulnerabilidad Finales de Beteró

El conjunto más desfavorable es la parte norte del barrio, la conformada por edificación abierta de vivienda social. Son Índices de Vulnerabilidad muy homogéneos, puesto que las tipologías son repetidas con pequeñas variaciones. No se dan los casos más desfavorables, pero todos los edificios tienden a tener una alta vulnerabilidad, superando en todos los casos a excepción de 3 un Índice de Vulnerabilidad de 0.7.

El conjunto sur destaca por ser la zona más favorable. Solo existe un caso por encima de 0.8. Hay unos pocos casos en los rangos 0.4-0.5 y 0.7-0.8, el resto se sitúan de forma homogénea entre los 2 rangos intermedios. Estos edificios destacan por tener un mayor porte, pero también por tener el crecimiento más reciente y por ende, sistemas de cálculo estructural más seguros.

En la zona intermedia existe una gran disparidad de resultados. Se encuentra todo el espectro de rangos propuestos. En la misma manzana se encuentran los edificios con mayor y menor Índice de Vulnerabilidad del barrio. El edificio con mayor Índice es el 92284-30, con un índice de 1.018. Los edificios con menor índice, de 0.3 cada uno, son el 92284-27 y 92284-22. Como se mencionó al principio, esta zona es muy heterogénea en cuanto a tipologías. Se han producido muchos derribos y reconstrucciones, por lo que hay diferencias destacables.

En las manzanas más nuevas, donde no se han producido tantas variaciones, los resultados son más homogéneos y parejos a la zona sur de barrio, con índices que se mueven mayoritariamente en el rango 0.6-0.7 y en menor medida en los rangos cercanos.

Los edificios dentro de rangos más vulnerables son aquellos que pertenecen al núcleo original de Beteró, aquellos que todavía no han sido derribados y tienen una tipología de muro de mampostería con forjados de madera.

Tabla 9. Tabla Resumen índices de Vulnerabilidad

Material	Tipología	IV mín.	IV medio	IV máx
Mampostería		0.423	0.7795	1.018
	M3.1	0.798	0.8965	1.018
	M3.4	0.423	0.7175	0.81
Hormigón	RC3.2	0.36	0.6356	0.85
Total		0.36	0.668	1.018



Figura 49. 92284-30 Caso con mayor vulnerabilidad IV=1.018



Figura 47. 92284-22 Caso con menor vulnerabilidad IV=0.3



Figura 48. 92284-27 Caso con menor vulnerabilidad IV=0.3

-Zona intermedia



Figura 51. Mapa IV Zona Intermedia

-Zona Sur



Figura 52. Mapa IV Zona Sur

5. Conclusiones

Los resultados arrojados mediante el análisis de la vulnerabilidad sísmica utilizando la metodología de Índices de Vulnerabilidad proporcionada por el IV han permitido analizar al comportamiento de un barrio poco popular, pero muy interesante.

La variedad tipológica de Beteró permite comparar los resultados de las distintas zonas, mostrando disparidades importantes un rango zonal pequeño. Utilizando este método se ha podido comprobar la vulnerabilidad desde pequeñas viviendas tradicionales hasta edificios con más de 15 plantas.

Se ha podido comprobar como los edificios que carecen de hormigón tienen un comportamiento mucho peor que aquellos que sí que tienen, tanto por las técnicas materiales como por la ausencia de una norma que marcara las pautas de cálculo estructural en muchos casos. Sin embargo, es sorprendente como, a pesar de tener un Índice de Vulnerabilidad medio mayor, los Índices de Vulnerabilidad máximos en edificios de mampostería con forjados de viguetas de hormigón son inferiores a los Índices de Vulnerabilidad máximos en edificios porticados de hormigón. Estos últimos se han visto muy penalizados en su origen, entre las décadas de los años 40 y 60.

Aún así, la gran mayoría los edificios del barrio tienen un Índice de Vulnerabilidad elevado. De los 211 casos analizados únicamente 32 tienen un Índice inferior a 0.5. Cercana es la cifra de casos con Índices de Vulnerabilidad críticos, 27 casos tienen un Índice de Vulnerabilidad superior a 0.9. Hay que considerar que una de las tipologías estructurales de la zona obtiene un índice medio de 0.8965, esta es la tipología de mampostería con forjados de madera M3.1, cuya vulnerabilidad es extremadamente alta.

Uno de los motivos principales de la alta vulnerabilidad es la falta de un diseño profundo de las estructuras frente a sismo. Esto se debe a que Valencia no es una ciudad cuya actividad sísmica sea elevada. Sin embargo, las últimas normativas permiten mejorar el comportamiento de los edificios construidos bajo su amparo.

Dentro del análisis previo formal se han podido sacar diversas conclusiones.

-Dentro de la parte norte de vivienda social no existe una variabilidad clara de Índices dentro de las tipologías propuestas. Esto es debido a que la tipología de hormigón, a pesar de aparentemente tener un comportamiento mejor, se ven penalizadas por una época constructiva desfavorable y un mal estado de conservación.

-En la parte intermedia, el núcleo original, sí que se aprecia una mayor dispersión de datos y relación con la división de tipologías. Mayoritariamente las tipologías tradicionales resultan en los peores datos. Aquellas cuya tipología era indecisa mejoran respecto a las tradicionales, sobre todo si su tipología final es de hormigón. Las nuevas manzanas se ven penalizadas al ser tipologías con mayor porte y de hormigón en su periodo más vulnerable. Las nuevas construcciones de porte medio dentro de las manzanas originales son las menos vulnerables después de las construcciones pequeñas de hormigón. Por último es notable como los edificios más altos se ven más vinculados a Algirós que a Beteró incluso en el estudio de vulnerabilidad.

-Por último, en la parte sur existe una vulnerabilidad más homogénea. Solo destaca el grupo de edificios construido en los años 60 de hormigón, con una mayor vulnerabilidad que los originales.

Tanto en la parte sur y la parte intermedia puede existir variaciones en algunos casos sobre todo debido a la posición que tienen en manzana o al estado de conservación.

5.1. Objetivos de Desarrollo Sostenible dentro del Estudio

Otra de las conclusiones importantes es la relación del estudio con los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Los Objetivos de desarrollo sostenible son una serie de metas a alcanzar por los países con meta en 2030. El punto de salida de estos objetivos se da en 2015, tras la aprobación de la Agenda 2030 por la Asamblea General de la ONU. Esta está formada por 193 países miembros y 2 observadores. Entre los miembros se encuentra España.

Los Objetivos son 17. Tienen un carácter general que pretende establecer un sistema de vida más justo y sostenible. Muchos de los Objetivos tienen relación directa con la Arquitectura, y todos comparten al menos una pequeña conexión.

Entre los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible en el presente Trabajo Fin de Grado se incluyen 3. Uno de ellos como tema principal y los otros 2 como extrapolaciones menores.



El ODS principalmente tratado en este estudio es el ODS 11, Ciudades y Comunidades Sostenibles. Este ODS marca la urbe como espacio primordial para el desarrollo de la vida y por ello le confiere una serie de características necesarias para su correcto desarrollo. Este ODS menciona sobre todo el crecimiento de las ciudades en zonas pobres, que puede correr mayor riesgo al contar con una cantidad inferior de recursos.

Dentro de este estudio se considera una de las acciones más perjudiciales que pueda soportar una edificación, el sismo. Para obtener Ciudades Resilientes uno de los componentes a considerar serían las mismas edificaciones que componen la ciudad, y en este caso de estudio, aquellas que suponen una amplia mayoría, las de tipo residencial.

Al estudiar la vulnerabilidad de los edificios frente al sismo, se está estudiando la fortaleza de una ciudad sobre un aspecto concreto que podría llegar a suponer la pérdida de multitud de vidas humanas.



En segundo plano, los 2 Objetivos de Desarrollo Sostenible 1 Fin de la Pobreza y 10 Reducción de las Desigualdades podrían verse implicados en este estudio desde una visión más abierta. Ambos puntos están interrelacionados entre ellos.

Hay que considerar que la escala de pobreza tratada en la ciudad de Valencia no es comparable a la de otros países. Una sociedad pobre no es solamente aquella que carece o sufre por obtener los recursos suficientes para subsistir el día a día, sino que

también podría serlo por su forma de vida. Es innegable la existencia de microsegregaciones dentro de la misma ciudad, y este hecho puede percibirse dentro de Beteró. Existen 3 zonas diferenciadas y una de ellas, la zona norte, es una de las zonas de Valencia con más riesgo socioeconómico. Las otras 2 están en niveles normales. Al extraer las conclusiones del presente trabajo se observa como existe una correlación entre los espacios más vulnerables y los más pobres, entre otras cosas por su edad, materialidad y mantenimiento. Por ello, podría concluirse que las zonas más pobres son aquellas con mayor probabilidad de contar con una vulnerabilidad global mayor frente a sismo, en este caso.

Esto sería un indicativo de que los casos donde es necesario mayor implicación son aquellos donde además existe una mayor vulnerabilidad social.

Bibliografía

1. Aguilar Civera, I., & Serra Desfilis, A. (2017). Los poblados marítimos : historia, lugares y escenas. In *Los poblados marítimos : historia, lugares y escenas*. Ajuntament de València, Regidoria de Patrimoni Cultural i Recursos Culturals
2. Guardiola-Villora, A., & Basset-Salom, L. (2015). Escenarios de riesgo sísmico del distrito del Eixample de la ciudad de Valencia. *Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería*, 31(2), 81-90. <https://doi.org/10.1016/j.rimni.2014.01.002>
3. *Junta Municipal del Marítim*. (1985). Ayuntamiento de Valencia.
4. Laboluz. (s. f.). Cabanyal Histórico. <http://www.upv.es/laboluz/proyectos/web/cabhis/98.htm>
5. Lantada, N. (2007). Evaluación del riesgo sísmico mediante métodos avanzados y técnicas GIS. Aplicación a la ciudad de Barcelona. En *TDX (Tesis Doctorals en Xarxa)*. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/2117/93571/1/01Nlz01de12.pdf>
6. Llopis Alonso, A., & Perdigón Fernández, L. A. (2016). *Cartografía histórica de la ciudad de Valencia (1608-1944)*. Editorial Universitat Politècnica de València.
7. Mas, J. R. (2017). El barrio del Cabanyal-Canyameral de Valencia: historia y futuro. *Ciudad y Territorio Estudios Territoriales (CyTET)*, 49(191), 81-97. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5922131>
8. Milutinovic, Z. V. y Trendafiloski, G. S. (2003). WP04. Vulnerability of current buildings. RISK-UE project: An advanced approach to earthquake risk scenarios with applications to different European towns. Contract No.EVK4-CT-2000-00014. *Institute of Earthquake Engineering and Engineering Seismology (IZIIS)*, Skopje. 109 pp.
9. Mouroux, P., & Brun, B. L. (2006). Presentation of RISK-UE Project. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 4(4), 323-339. <https://doi.org/10.1007/s10518-006-9020-3>
10. Mouroux, P., & Brun, B. L. (2007). Risk-Ue Project: An Advanced Approach to Earthquake Risk Scenarios With Application to Different European Towns. En *Springer eBooks* (pp. 479-508). https://doi.org/10.1007/978-1-4020-3608-8_23
11. Plaza, P. (2022, 4 mayo). El proyecto de retoque del final de Blasco Ibáñez: 5 millones para reverdecer la estación del Cabanyal. *Valencia Plaza*. <https://valenciaplaza.com/el-proyecto-de-retoque-del-final-de-blasco-ibanez-5-millones-para-reverdecer-la-estacion-del-cabanyal>
12. Pérez, R. M. (2023). Barrio 11.4: Beteró. *Valencia Actua*. <https://calles.valenciaactua.es/barrio-11-4-betero/>
13. Pérez Igualada, J. (2011). *La ciudad de la edificación abierta: Valencia, 1946-1988*. Universitat Politècnica de València.
14. Sanchis Pallarés, A. (1998). *Historia del Cabanyal : siglo XX y el incierto futuro*. Javier Boronat.
15. Soriano, L. (2023, 5 mayo). El Ayuntamiento de Valencia aprobará la expropiación de diez solares para crear la nueva rotonda del Cabanyal. *Las Provincias*. <https://www.lasprovincias.es/valencia-ciudad/ayuntamiento-valencia-aprobara-expropiacion-diez-solares-crear-20230504210425-nt.html>

16. Suárez, L. E. (2020). El problema del golpeteo entre dos estructuras. *UPR-M*.

RECURSOS

❖ Archivo Histórico de Valencia

-WEB

1. GRUPO RESIDENCIAL VIRGEN DEL CARMEN - Colegio Territorial de Arquitectos de Valencia. (s. f.). <http://arquitectosdevalencia.es/arquitectura/grupo-residencial-virgen-del-carmen/>
2. Barrios - València. (s. f.). <https://www.valencia.es/es/cas/estadistica/mapa-barrios>
3. Geoportal València | Ajuntament de València. (s. f.). <https://geoportal.valencia.es/apps/GeoportalHome/es/inicio/>
4. Informe de Evaluación del Edificio Comunitat Valenciana (IEEV.CV) - Arquitectura - Generalitat Valenciana. (s. f.). [Arquitectura. https://habitatge.gva.es/es/web/arquitectura/informe-de-evaluacion-del-edificio](https://habitatge.gva.es/es/web/arquitectura/informe-de-evaluacion-del-edificio)
5. Institut Cartogràfic Valencià - ICV - Generalitat Valenciana. (s. f.). [ICV. https://icv.gva.es/es/](https://icv.gva.es/es/)
6. Instituto Geográfico Nacional. (s. f.). <https://www.ign.es/web/mapas-sismicidad>
7. Instituto Geológico y Minero de España. (s. f.). <http://info.igme.es/qafi/>
8. Plan General de Ordenación Urbana - València. (s. f.). <https://www.valencia.es/es/cas/urbanismo/plan-general-ordenacion-urbana>
9. Protección Civil - Terremotos. (s. f.). <https://www.proteccioncivil.es/coordinacion/gestion-riesgos/geologicos/terremotos>
10. Sede Electrónica del Catastro - Inicio. (s. f.). <https://www.sedecatastro.gob.es/>

-NORMATIVA

1. Reglamento para aplicación del Decreto sobre las restricciones del hierro en la edificación del 11 de marzo 1941. Madrid (1941). *BOE 11/03/1941*.
2. PGS-1, Norma Sismorresistente, Parte A, Madrid (1969). *BOE 4/02/1969*.
3. PDS-1, Norma Sismorresistente, Madrid (1974). *BOE 21/11/1974*.
4. NCSE-94, Norma de Construcción Sismorresistente, Parte General y Edificación, Madrid (1995). *BOE 8/02/1995*.
5. NCSE-02, Norma de Construcción Sismorresistente: Parte General y Edificación, Madrid (2002). *BOE 11/10/2002*.

Índice de Figuras y Tablas

-FIGURAS

FIGURA 1. EL BARRIO DENTRO DE LA CIUDAD DE VALENCIA _____	4
<i>Fuente: Elaboración propia</i>	
FIGURA 2. DELIMITACIÓN DE BETERÓ Y DE LOS BARRIOS COLINDANTES _____	4
<i>Fuente: Elaboración propia</i>	
FIGURA 3. PLANO DEL TÉRMINO MUNICIPAL DE VALENCIA 1929-1944 _____	5
<i>Fuente: Archivo Histórico de Valencia</i>	
FIGURA 4. ÁMBITO DEL PLAN PARCIAL 12-B 1963. _____	6
<i>Fuente: Elaboración propia</i>	
FIGURA 5. PLANO DE LA CIUDAD DE VALENCIA, EL CABAÑAL Y EL PREVISTO PASEO DE VALENCIA (1899) _	7
<i>Fuente: Archivo Histórico de Valencia</i>	
FIGURA 6. PROYECTO DE CIERRE DE LA AVENIDA BLASCO IBÁÑEZ. _____	8
<i>Fuente: Ayuntamiento de Valencia</i>	
FIGURA 7. NÚMERO DE VIVIENDAS POR EDIFICIO _____	9
<i>Fuente: Elaboración propia</i>	
FIGURA 8. TIPOLOGÍAS NORTE _____	10
<i>Fuente: Elaboración propia</i>	
FIGURA 9. TIPOLOGÍAS ZONA INTERMEDIA _____	11
<i>Fuente: Elaboración propia</i>	
FIGURA 10. TIPOLOGÍAS SUR _____	12
<i>Fuente: Elaboración propia</i>	
FIGURA 11. MAPA DE PELIGROSIDAD SÍSMICA DE ESPAÑA 2015 ©IGN _____	14
<i>Fuente: INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL. (2015). Mapa de peligrosidad sísmica de España 2015. https://www.ign.es/web/mapas-sismicidad</i>	
FIGURA 12. MAPA DE RIESGO SÍSMICO © SHARE, COMISIÓN EUROPEA _____	15
<i>Fuente: SHARE. (s. f.). The European Seismic Hazard Map. European Comission. https://ec.europa.eu/research-and-innovation/en/horizon-magazine/mapping-europes-earthquake-risk</i>	
FIGURA 13. TIPOLOGÍAS DE VIVIENDA SOCIAL PROYECTADAS POR GODB (COLEGIO TERRITORIAL DE ARQUITECTOS DE VALENCIA) _____	18
<i>Fuente: GO.DB. (s. f.). GRUPO RESIDENCIAL VIRGEN DEL CARMEN. Colegio Territorial de Arquitectos de Valencia. http://arquitectosdevalencia.es/arquitectura/grupo-residencial-virgen-del-carmen/</i>	
FIGURA 14. EDIFICIO EN CONSTRUCCIÓN _____	18
<i>Fuente: Elaboración propia</i>	
FIGURA 15. ESQUEMA TIPOLOGÍAS ESTRUCTURALES _____	21
<i>Fuente: Elaboración propia</i>	
FIGURA 16. EJEMPLO DE MUROS DE RELLENO EN ESTRUCTURA PORTICADA EN BETERÓ (2012) _____	21
<i>Fuente: Google Street View. (2012, mayo). 71 Calle Manuela Estellés. Google Maps. https://www.google.com/maps/@39.4715104,-0.3349577,3a,75y,36.15h,109.13t/data=!3m7!1e1!3m5!1sZjoq6_1q02URMQh39Oge4A!2e0!5s20120501T00000!7i13312!8i6656?entry=ttu</i>	
FIGURA 17. GRÁFICO DISTRIBUCIÓN DE CASOS POR TIPOLOGÍA _____	22
<i>Fuente: Elaboración propia</i>	
FIGURA 18. MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE LAS TIPOLOGÍAS ESTRUCTURALES DE BETERÓ _____	22
<i>Fuente: Elaboración propia</i>	

FIGURA 19. GRÁFICO DISTRIBUCIÓN DE EDIFICIOS POR PERIODO CONSTRUCTIVO _____	27
<i>Fuente: Elaboración propia</i>	
FIGURA 20. MAPA DE EDIFICACIONES POR PERIODO DE CONSTRUCCIÓN _____	28
<i>Fuente: Elaboración propia</i>	
FIGURA 21. MAPA DE ALTURAS _____	30
<i>Fuente: Elaboración propia</i>	
FIGURA 22. DETALLE PLANTA BAJA _____	31
<i>Fuente: Elaboración propia</i>	
FIGURA 23. CASO CON MAYOR IRREGULARIDAD EN ALTURA _____	31
<i>Fuente: Elaboración propia</i>	
FIGURA 24. MAPA DE IRREGULARIDAD EN ALTURA _____	32
<i>Fuente: Elaboración propia</i>	
FIGURA 25. MAPA DE IRREGULARIDAD EN PLANTA _____	34
<i>Fuente: Elaboración propia</i>	
FIGURA 26. EDIFICIO EN ESQUINA CON DOBLE FACHADA 93267-01 _____	35
<i>Fuente: Elaboración propia</i>	
FIGURA 27. INFORME DE EVALUACIÓN DEL EDIFICIO - (ICV) _____	36
<i>Fuente: Servicio de Arquitectura y Calidad en la Edificación. Dirección General de Calidad, Rehabilitación y Eficiencia Energética - Vicepresidencia Segunda y Conselleria de Vivienda y Arquitectura Bioclimática. (2018, 15 agosto). Informes de Evaluación de Edificios (IEEcv). Institut Cartogràfic Valencià (ICV). https://geocatleg.gva.es/#/results/observatorio-habitat-segregacion-urbana</i>	
FIGURA 28. DAÑOS ESTRUCTURALES _____	37
<i>Fuente: Elaboración propia</i>	
FIGURA 29. FALTA DE RECUBRIMIENTO EN MURO PORTANTE. CASO 93311 _____	38
<i>Fuente: Elaboración propia</i>	
FIGURA 30. INFORME DE EVALUACIÓN DEL EDIFICIO DEL CASO 90259-02 INFORME EVALUACIÓN DEL EDIFICIO 2018 CC BY 4.0 © INSTITUT CARTOGRÀFIC VALENCIÀ, GENERALITAT _____	38
<i>Fuente: Generalitat Valenciana, Conselleria d'Habitatge - ICV - https://habitatge.gva.es/es/web/arquitectura/informe-de-evaluacion-del-edificio</i>	
FIGURA 31. EDIFICIO 90259-02 CON MALLA EN LA PARTE IZQUIERDA _____	38
<i>Fuente: Elaboración propia</i>	
FIGURA 32. EJEMPLO POSICIÓN EN MANZANA. CASO 93277 _____	39
<i>Fuente: Elaboración propia</i>	
FIGURA 33. VARIACIÓN DE POSICIÓN EN 92287-16. 2022 FRENTE A 2006. ICV (2022-2006) - ORTOFOTO 2022CC BY 4.0 © INSTITUT CARTOGRÀFIC VALENCIÀ, GENERALITAT / PNOA 2006 CC BY 4.0 WWW.SCNE.ES _____	40
<i>Fuente: Institut Cartogràfic Valencià. (2022, 13 junio). Ortofoto de 2022 de la Comunitat Valenciana en RGBI y de 25 cm de resolución. https://geocatleg.gva.es/#/results/ortofotos</i>	
<i>Fuente: Plan Nacional de Observación del Territorio de España. (2006, 1 diciembre). Ortofoto de 2006 PNOA de la provincia de Valencia en RGBI y de 50 cm de resolución. Institut Cartogràfic Valencià. https://geocatleg.gva.es/#/results/ortofotos</i>	
FIGURA 34. MODIFICADORES DE DIFERENCIA DE ALTURAS MHF _____	41
<i>Fuente: Elaboración propia</i>	
FIGURA 35. EFECTO DEL POUNDING EN LORCA TRAS EL SISMO 11/05/2011. © A. GUARDIOLA-VÍLLORA & L. BASSET-SALOM _____	41
<i>Fuente: Guardiola Villora, A., & Basset Salom, L. (2011, 5 mayo). EFECTO DEL POUNDING EN LORCA TRAS EL SISMO.</i>	

FIGURA 36. GRÁFICO COMPARATIVO ENTRE CASOS CUYO ÍNDICE DE VULNERABILIDAD SE VE REDUCIDO E INCREMENTADO _____	42
<i>Fuente: Elaboración propia</i>	
FIGURA 37. GRÁFICO DE MODIFICADORES CASO POR CASO _____	42
<i>Fuente: Elaboración propia</i>	
FIGURA 38. EDIFICIO 92275-26 _____	43
<i>Fuente: Elaboración propia</i>	
FIGURA 39. EDIFICIO 92284-27 _____	44
<i>Fuente: Elaboración propia</i>	
FIGURA 40. EDIFICIO 92284-20 _____	44
<i>Fuente: Elaboración propia</i>	
FIGURA 41. EDIFICIO 92315-01 _____	45
<i>Fuente: Elaboración propia</i>	
FIGURA 42. GRÁFICO DE DISTRIBUCIÓN POR CASO DE ÍNDICES DE VULNERABILIDAD FINALES _____	46
<i>Fuente: Elaboración propia</i>	
FIGURA 43. GRÁFICO DE DISTRIBUCIÓN POR CASO DE ÍNDICES DE VULNERABILIDAD INICIALES _____	46
<i>Fuente: Elaboración propia</i>	
FIGURA 44. CASOS POR ÍNDICES DE VULNERABILIDAD - HORMIGÓN (RC3.2) _____	47
<i>Fuente: Elaboración propia</i>	
FIGURA 45. CASOS POR ÍNDICES DE VULNERABILIDAD - MAMPOSTERÍA (M3.1 Y M3.4) _____	47
<i>Fuente: Elaboración propia</i>	
FIGURA 46. MAPA ÍNDICES DE VULNERABILIDAD FINALES DE BETERÓ _____	48
<i>Fuente: Elaboración propia</i>	
FIGURA 47. 92284-22 CASO CON MENOR VULNERABILIDAD $IV=0.3$ _____	49
<i>Fuente: Elaboración propia</i>	
FIGURA 48. 92284-27 CASO CON MENOR VULNERABILIDAD $IV=0.3$ _____	49
<i>Fuente: Elaboración propia</i>	
FIGURA 49. 92284-30 CASO CON MAYOR VULNERABILIDAD $IV=1.018$ _____	49
<i>Fuente: Elaboración propia</i>	
FIGURA 50. MAPA IV ZONA NORTE _____	50
<i>Fuente: Elaboración propia</i>	
FIGURA 51. MAPA IV ZONA INTERMEDIA _____	51
<i>Fuente: Elaboración propia</i>	
FIGURA 52. MAPA IV ZONA SUR _____	51
<i>Fuente: Elaboración propia</i>	
-TABLAS	
TABLA 1. MATRIZ DE TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS DE RISK-UE _____	20
<i>Fuente: Lantada, N. (2007). Matriz de tipologías de edificios (BTM) de Risk-UE.</i>	
TABLA 2. ÍNDICES DE VULNERABILIDAD INICIAL _____	23
<i>Fuente: Milutinovic, Z. V., & Trendafiloski, G. S. (2003). . Índices de vulnerabilidad propuestos para las tipologías de la BTM de Risk-UE.</i>	

TABLA 3. MODIFICADORES REGIONALES POR TIPOLOGÍA _____	27
<i>Fuente: Lantada, N. (2007). Modificadores regionales del índice de vulnerabilidad por tipologías, según periodos constructivos basados en el diseño sísmico.</i>	
TABLA 4. MODIFICADOR EN FUNCIÓN DE LA CANTIDAD DE ALTURAS _____	29
<i>Fuente: Lantada, N. (2007b). Modificador en función de la altura del edificio para cada tipología.</i>	
TABLA 5. MODIFICADOR DE IRREGULARIDAD EN PLANTA _____	34
<i>Fuente: Lantada, N. (2007). Modificador en función de la regularidad en planta del edificio.</i>	
TABLA 6. MODIFICADOR MEC _____	36
<i>Fuente: Lantada, N. (2007). Modificador en función del estado de conservación del edificio.</i>	
TABLA 7. MODIFICADORES DE POSICIÓN MPF _____	40
<i>Fuente: Lantada, N. (2007e). Modificadores en función de la posición dentro de la manzana.</i>	
TABLA 8. SÍNTESIS DE EFECTO DE MODIFICADORES _____	43
<i>Fuente: Elaboración propia</i>	
TABLA 9. TABLA RESUMEN ÍNDICES DE VULNERABILIDAD _____	49
<i>Fuente: Elaboración propia</i>	