

## CIUDAD Y TERRITORIO

## ESTUDIOS TERRITORIALES

ISSN(P): 1133-4762; ISSN(E): 2659-3254

Vol. LVI, Nº 222, invierno 2024

Págs. 1307-1326

<https://doi.org/10.37230/CyTET.2024.222.11>

CC BY-NC-ND



# Método para la clasificación tipomorfológica del parque residencial: caso estudio Donostia-San Sebastián

Mikel BARRENA-HERRÁN <sup>(1)</sup>  
Itziar MODREGO-MONFORTE <sup>(2)</sup>  
Olatz GRIJALBA <sup>(3)</sup>  
Irati OTAMENDI-IRIZAR <sup>(4)</sup>

<sup>(1)</sup> <sup>(2)</sup> <sup>(3)</sup> <sup>(4)</sup> Grupo de investigación CAVIAR (Calidad de Vida en Arquitectura)  
<sup>(1)</sup> <sup>(2)</sup> <sup>(3)</sup> <sup>(4)</sup> Dpto. de Arquitectura de la Universidad del País Vasco (UPV/EHU)

**Resumen:** Este artículo presenta una nueva metodología para una clasificación precisa y sistemática del parque edificado a escala municipal. Los métodos desarrollados hasta ahora consideraban variables edificatorias y obtenían resultados genéricos que no son suficientemente detallados para obtener una segmentación que recoge la diversidad del parque residencial de los municipios españoles. La principal aportación de este trabajo es la combinación de dos variables urbanas (densidad-forma urbana y tipología arquitectónica) con las dos variables propias de la edificación que se vienen utilizando más habitualmente (año de construcción y número de plantas). Ello permite desarrollar una clasificación más precisa que hace posible la identificación de cada edificio dentro de su contexto histórico y urbanístico y posibilita una caracterización del parque más detallada. Para su aplicación, se ha creado una herramienta de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y se han utilizado software y fuentes de datos de libre acceso. Se ha implementado en el caso de estudio de Donostia-San

Recibido: 31.07.2023; Revisado: 13.02.2024

Correo electrónico (1): [mikel.barrena@ehu.eus](mailto:mikel.barrena@ehu.eus); N.º ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0041-4153>

Correo electrónico (2): [itziar.modrego@ehu.eus](mailto:itziar.modrego@ehu.eus); N.º ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0297-6181>

Correo electrónico (3): [olatz.grijalba@ehu.eus](mailto:olatz.grijalba@ehu.eus); N.º ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8150-9639>

Correo electrónico (4): [irati.otamendi@ehu.eus](mailto:irati.otamendi@ehu.eus); N.º ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9006-0976>

Los/as autores/as agradecen los comentarios y sugerencias realizados por las personas evaluadoras anónimas, que han contribuido a mejorar y enriquecer el manuscrito original.

Igualmente agradecen a Ylenia Alonso su apoyo y asistencia técnica. Este trabajo ha sido financiado por la Diputación Foral de Gipuzkoa con la subvención 2020-CIEN-000049-01.

Sebastián pero es exportable a otros contextos. Los resultados muestran que la metodología propuesta proporciona una clasificación singular y detallada de las tipomorfológicas del parque residencial existentes en la ciudad y posibilita un conocimiento profundo de la realidad útil para la toma de decisiones y definición de estrategias y políticas urbanas.

**Palabras clave:** Análisis tipomorfológico; Spacemate; Tipología edificatoria; Forma Urbana; Sistemas de Información Geográfica.

## Method for the typomorphological classification of the residential stock: case study of Donostia-San Sebastián

**Abstract:** This paper presents a new methodology for an accurate and systematic classification of the building stock on a municipal scale. The methods developed up to now considered building variables and obtained generic results that are not sufficiently detailed to obtain a classification that reflects the diversity of the residential stock at the municipal scale. The main contribution of this paper is the introduction of 2 urban variables (density–urban form and architectural typology) which, in addition to the variables of the building itself (year of construction and number of floors), provide a more precise classification that makes it possible to identify each building within its historical and urban context. A Geographic Information Systems (GIS) tool has been created for its implementation and open access software and data sources have been used. It has been tested in the case study of Donostia-San Sebastián but it is exportable to other contexts. The results show that the proposed methodology produces a singular and detailed classification of existing typomorphologies in the city of the building stock and provides in-depth knowledge of the reality necessary for decision making and definition of strategies and urban policies.

**Keywords:** Typomorphological analysis; Spacemate; Building typology; Urban Form; Geographic Information System.

### 1. Introducción

Gran parte del parque residencial europeo fue construido hace décadas, atendiendo a unas exigencias y necesidades diferentes a las actuales. Dada su larga vida útil (50-70 años) siguen estando habitados. No obstante, tienen carencias vinculadas a la calidad constructiva y espacial que afectan a la salud de sus habitantes y son generadoras de grandes desigualdades en la población (LIDDELL & MORRIS, 2010). En este contexto, el interés por el desarrollo e implementación de estrategias enmarcadas en el ámbito de la rehabilitación edificatoria ha incrementado considerablemente en los últimos años. En Europa se han desarrollado numerosas estrategias en este sentido, principalmente en el sector de la edificación y, especialmente, vinculadas a la eficiencia energética (EUROPEAN COMISION, 2021). El objetivo de estas acciones se centra en aumentar el rendimiento energético y en la búsqueda del equilibrio óptimo entre ahorro energético y costes (EUROPEAN COMMISSION & EUROPEAN PARLAMENT, 2018). Todo ello, dando respuesta a las distintas metas fijadas en las COP (Cumbre Mundial

sobre el Cambio Climático) y en las Directivas Europeas (EU 2018/844), en cuanto a la renovación de edificios y la cuantificación de la pobreza energética. Esta ambición también tiene su reflejo en la ampliación del contenido y concreción que deben tener las estrategias nacionales de rehabilitación (SANTIAGO-RODRÍGUEZ DE, 2021) y así se recoge en la “Estrategia a largo plazo para la rehabilitación energética en el sector de la edificación en España” (ERESSE), desarrollada en respuesta a la Directiva 2018/844/UE, en el artículo 2 bis de la Directiva 2010/31/UE.

Estas estrategias se han desarrollado en España a nivel nacional (ARCAS-ABELLA & al., 2019) (SANTIAGO-RODRÍGUEZ DE, 2021) y regional (DEPARTAMENTO DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL, 2019). Son planes que abarcan la totalidad del parque de edificios residenciales, con una muestra muy extensa y contextos muy diversos. Sin embargo, las dificultades para acceder a datos unificados y la gestión de la inmensa cantidad de información hacen que los métodos de clasificación tipomorfológica utilizados no sean muy precisos. Estos diagnósticos sirven para la toma de decisiones en la política general de rehabilitación de viviendas y para

la evaluación y el seguimiento de los objetivos fijados en la directiva europea mencionada anteriormente. Sin embargo, se trata de políticas muy generalistas que no tienen en cuenta la diversidad del parque de viviendas existente y tienden a unificar las estrategias de rehabilitación.

Por otra parte, la política de rehabilitación se centra principalmente en la mejora de la accesibilidad y la eficiencia energética, dejando de lado cuestiones vinculadas a la habitabilidad y la adaptabilidad de las viviendas y su realidad urbana o su entorno construido. Un diagnóstico más preciso de las características de las viviendas y de su estado actual permitiría identificar las deficiencias y su diversidad y, a partir de esta información, se podrían diseñar políticas más complejas y adaptadas a las necesidades reales. La clasificación morfológica por tipos es la base para realizar este diagnóstico de forma sistemática y ágil. Sin embargo, para alcanzar la mencionada precisión en el diagnóstico, se considera necesario complementar el método con nuevas variables que aporten información sobre el entorno edilicio. Así, aprendiendo de otros estudios realizados desde la perspectiva de la forma de la ciudad (BURTON, 2002) (SCHWARZ, 2010) (LOWRY & LOWRY, 2014) (KREHL & al., 2016), se considera de interés incluir variables vinculadas a la densidad del entorno urbano, permitiendo realizar un análisis más complejo y completo.

Esta nueva premisa requiere trabajar a una escala intermedia que permita entender la visión territorial pero que también maneje una cantidad de datos no demasiado grande para poder abarcar un análisis más exhaustivo. La escala municipal se entiende como la adecuada para llevar a cabo este tipo de estudios, por ser también la unidad administrativa más pequeña con competencias para desarrollar y ejecutar un plan de rehabilitación residencial. Sin embargo, la mayoría de los estudios se han realizado a escala regional o de barrio y se carece de métodos y herramientas para la elaboración de diagnósticos precisos a esta escala.

Este artículo presenta un nuevo método para la clasificación tipomorfológica del parque residencial a escala municipal. La principal aportación es la incorporación de dos variables urbanas (densidad y circularidad) que permiten un análisis más preciso y una clasificación muy depurada sin detrimento de la agilidad y sistematicidad de la herramienta. Las metodologías de geoprocésamiento utilizadas para su cálculo hacen que el método sea replicable y exportable a otros contextos.

## 2. Marco analítico

En este apartado se presenta una revisión bibliográfica de diferentes métodos para analizar el parque edificado y las tramas existentes en la ciudad. En primer lugar, se presentan las investigaciones que utilizan variables edificatorias para la tipificación edificatoria con el objetivo de definir estrategias de rehabilitación energética y se exponen las limitaciones que tienen este tipo de estudios. Posteriormente, se completa la exposición con otro tipo de aproximaciones en las que se utilizan variables urbanas para la caracterización de las tipologías edificatorias. Tal como se detalla a continuación, estas variables se utilizan para otro tipo de estudios más ligados a la morfología y a los determinantes urbanos. Sin embargo, se propone combinarlas con las variables edificatorias previamente descritas, con el fin de desarrollar un método más preciso para la clasificación tipológica. Del análisis de las diferentes metodologías se desprende la complementariedad de las variables y la potencialidad de combinar métodos para realizar la clasificación del parque edificado a escala municipal.

### 2.1. Clasificación en función de variables propias de la edificación

La necesidad de clasificar de forma sistematizada el parque residencial deriva de la exigencia en Europa de desarrollar planes a largo plazo para la rehabilitación de estos edificios. El diagnóstico del estado actual a través de la clasificación tipológica es imprescindible para la definición de estrategias y evaluación de políticas. En este contexto, son muchos los países europeos que han desarrollado métodos de análisis y los han implementado tanto a nivel nacional como regional. Sin embargo, las evaluaciones del entorno construido de las ciudades en muchos casos son sesgadas, ya que están dirigidos principalmente a investigar el consumo energético y los métodos utilizados no tienen como resultado clasificaciones muy precisas (CAPUTO & al., 2013) (TOMMERUP & SVENDSEN, 2006), (DASCALAKI & al., 2010), (THEODORIDOU & al., 2012) (THEODORIDOU & al., 2011b) (THEODORIDOU & al., 2011a).

Entre los diversos estudios en la materia, existen diferentes propuestas en cuanto a las variables consideradas. El enfoque simplificado más básico se centra en una única variable: el periodo de construcción; por ejemplo, Theodoridou examinó el parque de edificios griegos fundamentando que dicha variable por sí misma ya

define las características constructivas específicas, las distribuciones interiores y las instalaciones asociadas a la época, necesarias para la clasificación de las tipologías (THEODORIDOU & al., 2012) (THEODORIDOU & al., 2011b) (THEODORIDOU & al., 2011a).

Asimismo, otros investigadores (HASSLER, 2010) (UIHLEIN & EDER, 2010) examinaron las existencias de edificios europeos. En este caso, la clasificación tipológica partía de tres tipos generales: unifamiliares, plurifamiliares y edificios de gran altura. DASCALAKI & al. (2010) pusieron en práctica este mismo planteamiento en aplicación a los edificios residenciales helénicos y TOMMERUP & SVENDSEN (2006), por su parte, analizaron el parque residencial danés.

En el caso de los estudios centrados en el comportamiento energético, el análisis del parque de edificaciones se ha desarrollado, además, considerando una clasificación de la tipología según zona climática, y tipo y forma de la edificación (CAPUTO & al., 2013) (THEODORIDOU & al., 2012) (MATA & al., 2013).

En el ámbito europeo, destaca el proyecto TABULA IEE-EU (LOGA & al., 2016), enmarcado en el programa de Energía Inteligente (EIE). El objetivo es crear un método estandarizado de clasificación de tipologías para el conjunto de países, con el fin de estimar de forma homogénea la demanda energética de los edificios residenciales a nivel nacional para determinar el impacto potencial de las medidas de rehabilitación y definir las estrategias efectivas para mejora de la eficiencia energética de los edificios existentes.

A su vez, tal como se ha avanzado, en el ámbito nacional (España) se ha desarrollado la Estrategia a largo plazo para la Rehabilitación Energética de la Edificación (ERESEE) 2020 impulsada por el Ministerio de Fomento (ARCAS-ABELLA & al., 2019) (SANTIAGO-RODRÍGUEZ DE, 2021). Al igual que en el proyecto Tabula, se utilizan variables propias del edificio (año de construcción y altura) y de la zona climática para segmentar el parque residencial español.

Este mismo método se ha utilizado para el desarrollo de la “Estrategia de intervención a largo plazo en el parque de edificios de Euskadi” (DEPARTAMENTO DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL, 2019). Añadiendo en este caso la modelización del parque de tal manera que se cuenta con una simulación precisa de la volumetría de la edificación y se puede calcular de manera algo más rigurosa la demanda energética de la misma y los impactos ambientales y económicos de la estrategia de rehabilitación.

Estos métodos sirven para realizar una primera aproximación a la clasificación del parque residencial, pero dan como resultado una segmentación basada en grandes grupos de edificios que comprenden tipologías arquitectónicas y constructivas muy variadas. La escala nacional o regional requiere de métodos genéricos y sistematizables que permiten tener una visión global aproximada. Sin embargo, la escala municipal, más acotada, permite realizar estudios más detallados que clasifiquen el parque de forma precisa y posibiliten la definición de estrategias de rehabilitación de forma más adaptada a cada tipo. Para ello, los métodos utilizados hasta el momento no son apropiados y se estima necesario introducir nuevas variables que den como resultado una clasificación lo suficientemente precisa, que permita, posteriormente, una caracterización arquitectónica y constructiva adecuada para cada uno de los segmentos. La combinación de las variables utilizadas hasta el momento con parámetros vinculados a la densidad y a la forma urbana y edificatoria se entiende como una opción para la adaptación del método a escalas menores que requieren resultados de mayor precisión.

## 2.2. Clasificación en función de la densidad y forma urbana

La cuestión de la densidad urbana es un tema de especial relevancia en el estudio de las dinámicas, relaciones funcionales y de la forma de la ciudad. Es objeto de estudio por diversas disciplinas, y es fundamental en la definición de la ciudad compacta, diversa y sostenible que debe lograrse de acuerdo con las actuales directrices europeas (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, OECD, 2012) (UN-HABITAT, 2015). Sin embargo, no es un concepto que se haya tenido en cuenta en los procesos de análisis del parque como el que se propone.

En la literatura científica, es habitual distinguir entre la densidad percibida, en la que intervienen componentes subjetivos y culturales que determinan la relación que se establece entre las personas y el entorno construido como indicador del hacinamiento (RAPOPORT, 1975) y la densidad física, que hace referencia a los objetos y características físicas del entorno construido (ERNEST, 1993) lo cual le otorga la cualidad de poder ser medida.

En lo que a la cuantificación de la densidad física se refiere, ésta resulta problemática a pesar de su relativamente sencilla formulación. El concepto de densidad proviene del campo de

la física, en el que se define una cantidad de masa por unidad de volumen. Su extrapolación al urbanismo hace referencia a una cantidad de personas o construcciones por unidad de superficie. Pero ninguno de los dos componentes de ese cociente presenta un consenso, ya que no existe una medida de densidad urbana aceptada y cada país o región emplea distintas expresiones. Además, es habitual que el valor de densidad obtenido se evalúe con términos ambiguos o relativos (CHURCHMAN, 1999).

Así, podemos encontrar una gran cantidad de medidas de densidad, de naturaleza estática o al menos con una gran inercia al cambio y otras más dinámicas en el tiempo. Boyko and Cooper realizaron una extensa recopilación del amplio rango de definiciones disponibles (BOYKO & COOPER, 2011). Para muestra, se enumeran las principales: edificabilidad, viviendas por hectárea, ocupación del suelo, densidad de ocupación, densidad de parcelas, etc.

Por otro lado, ni siquiera se puede confiar en la distinción realizada entre densidad bruta y neta, utilizadas ampliamente en planeamiento, ya que los bordes de los límites administrativos a menudo no se ajustan a la superficie edificada, aunque para ello se pueden realizar correcciones sobre la superficie de referencia obviando espacios libres o zonas no residenciales (BURTON, 2002), por ejemplo.

Existen numerosos estudios (BURTON, 2002) (SCHWARZ, 2010) (LOWRY & LOWRY, 2014) (KREHL & al., 2016) que utilizan la densidad con el fin de caracterizar el medio urbano. Para ello, emplean diversas medidas de densidad y distintas escalas, utilizando mallas de referencia y límites administrativos municipales o regionales, valiéndose de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y herramientas estadísticas como regresiones, correlaciones o análisis factoriales para analizar esta cuestión. La cuantificación de la densidad es central en el estudio de Khrel & al. analizando los patrones de densidad edificada en cuatro ciudades-región alemanas y su influencia en la actividad socioeconómica (KREHL & al., 2016). Desarrolló un modelo para evaluar la eficiencia del modelo de ciudad compacta en algunas ciudades intermedias británicas, en el que sobresalen los indicadores relativos a la densidad (BURTON, 2002). Otros, como LOWRY & LOWRY (2014) se centran en las relaciones entre densidad y otras variables espaciales de referencia para definir la forma urbana y su impacto en las diferencias sociales y demográficas en el contexto americano. Por su parte, Schwarz selecciona los indicadores más relevantes a la

hora de describir la forma urbana de las ciudades europeas (SCHWARZ, 2010).

En este mismo sentido, varios autores (BERGHAUSER PONT & HAUPT, 2007) (DOVEY & PAFKA, 2014) han demostrado que la densidad como único indicador no es suficiente para determinar la forma urbana, ya que tejidos urbanos con valores similares pueden presentar diferente morfología y viceversa. Como alternativa, BERGHAUSER PONT & HAUPT (2007) proponen un método basado en cuatro variables (edificabilidad, ocupación del suelo, amplitud y altura) y sus interrelaciones para diferenciar y clasificar la estructura espacial de las ciudades de forma eficiente. Este método se ha implementado para obtener una clasificación en tipos morfológicos de los entornos residenciales en las ciudades intermedias españolas (GARCÍA, 2017). Esta última aproximación se considera la más pertinente para complementar la metodología que se está desarrollando.

### 2.3. Clasificación en función de las tipologías arquitectónicas

La tipología de los edificios es otro factor que determina en gran medida tanto el entorno urbano como las características de las viviendas, por lo que está presente en varios estudios. En cuanto a la cuestión terminológica relativa a la definición del término "tipología edificatoria", la literatura lo define de muy diversas maneras dependiendo de la aplicación al caso en cuestión. Sin embargo, desde el punto de vista de esta investigación, resulta interesante la definición aportada en el Proyecto TABULA (BALLARINI & al., 2014) (LOGA & al., 2016): "una «tipología edificatoria» es una clasificación de parámetros que se encuentran habitualmente en los edificios y que se refiere a una descripción sistemática de los criterios para la definición de edificios típicos, así como al conjunto de tipos de edificios en sí".

Para SAMBRICIO (2003) existen dos grandes formas de organizar la vivienda colectiva en la ciudad: la manzana cerrada y el bloque abierto. Las primeras, que forman un tejido urbano de carácter reticular, han evolucionado en tamaño, regularidad, altura y fondo; en los cascos históricos se densifica y compacta, mientras que en los ensanches se regularizan y amplían las calles, se homogeneizan alturas e incorporan un gran patio. El segundo grupo, adscrito al Movimiento Moderno, introduce nuevos tipos edificatorios como el bloque exento de altura limitada, el bloque en H, la torre, etc. Por su parte, SOLÁ-MORALES (1973) analiza la evolución de las



distintas formas urbanas que se dan durante el crecimiento urbano en paralelo al planeamiento y las ordenanzas municipales que determinan la construcción de la ciudad y la tipología edificatoria. Este proceso se define según 3 operaciones (parcelación, urbanización y edificación) que dan lugar a las siguientes tipologías urbanas: ensanche, suburbano, polígonos, ciudad jardín, barraca y marginal. Leslie Martin supone uno de los referentes de la arquitectura moderna en el ámbito británico que desarrolló principios de la forma urbana y así superar las limitaciones de la ciudad moderna (ESTEBAN GARBAYO, 2017).

Estas clasificaciones de tipologías edificatorias tienen una gran componente espacial que puede ser explotada de forma automatizada y sistematizada mediante los SIG. Por lo tanto, se aborda la exploración de estos métodos como procedimiento para la identificación y análisis de los tipos edificatorios. Si bien se ha publicado una extensa gama de tipologías de estos patrones, la investigación sobre la metodología de clasificación y reconocimiento sigue vigente (STEINIGER & al., 2008).

Por ejemplo, para la adquisición de datos básicos y determinación de estos volúmenes algunos investigadores implementan técnicas de escaneo láser que permiten capturar, analizar e interpretar datos automatizados de toda un área (NEIDHART & SESTER, 2004). Esta obtención de datos también puede hacerse por medio de imágenes satelitales (disponibles de forma más amplia y gratuita) (LI & al., 2018). Así, se concentran tipos de edificios y asentamientos para poder vincularlos con diferentes características.

A nivel europeo existen investigaciones abiertas mediante el uso de software SIG para el desarrollo de métodos que combinan datos de construcción obtenidos de mapas topográficos, mapas autorizados y estadísticas a nivel municipal para calcular los parámetros estructurales de diversos asentamientos (MEINEL & al., 2009).

Las principales clasificaciones se basan en una aproximación puramente geométrica de los edificios. Así, estudios en las ciudades alemanas de Múnich y Berlín se centran en la aplicabilidad del análisis discriminante lineal a la hora de describir estos patrones fisionómicos (WURM & al., 2016). Tras analizar la representatividad de los diferentes términos asociados a las tres dimensiones (longitud, área y volumen), se concluye que las contribuciones más importantes en la determinación de clústeres edificatorios las aporta el índice de forma y las medidas de compacidad, que además se manejan sin mucha interacción del usuario en comparación con otros métodos más complejos.

Con el fin de proporcionar tipologías con patrones de construcciones claras, algunas investigaciones analizan diferencias morfológicas clasificando patrones, por ejemplo; colineales, curvilíneos, paralelos y perpendiculares y cuadrículados (DU & al., 2016). Esto supone tener en cuenta las similitudes de área, forma y distancia visual. Al clasificarlos automáticamente utilizando un algoritmo en lugar de un método manual, son más sencillos los pasos posteriores de agrupación en clústeres según proximidad, continuidad y direccionalidad.

Además, existen interesantes propuestas metodológicas utilizadas en otros campos, cuya importación al ámbito que nos ocupa sería de interés. El estudio de la huella construida aporta información sobre la forma de las ciudades, sus procesos constructivos y las diferentes tendencias arquitectónicas que han configurado el paisaje urbano. Por ello, puede ser interesante aplicar metodologías que permitan automatizar el análisis de la forma de las ciudades, como el estudio de la relación de aspecto o circularidad (SCHICK & al., 2012) (STUTZ & al., 2018) (PODCZECK, 1997) que es uno de los denominados factores de forma y es ampliamente utilizado en el procesamiento de imágenes.

### 3. Objetivo y metodología

El objetivo de este trabajo es desarrollar una herramienta mediante la cual sea posible realizar de forma precisa y exhaustiva la clasificación morfológica y tipológica del parque edificado de una ciudad, mediante el uso de datos abiertos, parámetros urbanos e indicadores de forma. Así, el propósito de la investigación es hacer de la clasificación de los edificios de una ciudad una tarea fácil, objetiva y precisa basada en la definición de características medibles y fácilmente extrapolables.

La particularidad de esta propuesta es su nivel de detalle en la caracterización arquitectónica, que llega a singularizar el análisis hasta la escala del propio edificio, pero considerando al mismo tiempo el contexto urbano en el que se inserta. Así, las condiciones estéticas y funcionales de las tipologías edificatorias varían en función del tejido urbano en el que se emplazan. Se trata, por tanto, de ofrecer un enfoque integral basado en la combinación de cuatro variables de distinta naturaleza. De esta manera, el edificio queda representado por la edad y la altura del mismo. Estas dos variables determinan el periodo de construcción y las particularidades del sistema constructivo y del diseño. Además,



FIG. 1 / Esquema de método y variables asociadas

Fuente: Elaboración propia

dado que la densidad es un factor determinante en la identificación de la estructura y la forma urbanas, se introduce esta variable para distinguir los tejidos a escala de distrito o de sección censal. Por último, analizando el grano fino de la ciudad, cada manzana urbana se parametriza en función de sus características geométricas y se vincula a un tipo de edificio específico.

Como se muestra en la FIG. 1, la combinación de estas cuatro variables asociadas genera una matriz, denominada matriz tipomorfológica, que clasifica todo el parque de edificios a una escala que permite asignar a cada unidad unas características constructivas basadas en un modelo representativo de esa tipomorfológica.

A continuación, en la FIG. 1, se describe detalladamente la metodología propuesta para la clasificación en sus distintas fases.

### 3.1. Recopilación y tratamiento de datos

La fuente oficial más completa de información disponible sobre el parque inmobiliario de cada ciudad se encuentra en los sistemas catastrales. Su base de datos se presenta en dos formatos [según su naturaleza] que posteriormente hay que integrar y relacionar en una herramienta SIG: alfanumérico y gráfico. Además, se tiene en cuenta la sección censal elaborada por los servicios nacionales de estadística para realizar el análisis agregado de varios edificios. La unidad de análisis es el edificio. Los datos catastrales se obtienen, directamente, con ese nivel de desagregación. Sin embargo, la información estadística necesaria para el cálculo de una de las variables (V3) se obtiene en secciones censales. En este caso, una vez calculada la variable

se le asigna el valor a la unidad de análisis correspondiente.

Tras la recogida de datos, la primera fase operativa se dedica a su organización y estructuración. Dado que los datos no pueden utilizarse directamente para la clasificación de los edificios, hay que procesarlos para crear una base de datos geoespacial que incluya tanto los datos dimensionales a nivel del edificio como la información agregada disponible solo a nivel de local.

Para ello es necesario vincular la información numérica con la cartográfica mediante la referencia catastral y el identificador de la geometría catastral para asociar determinados parámetros (año de construcción y nº de plantas). Las siguientes tareas tienen como objetivo determinar parámetros urbanísticos a escala de sección censal, tal como el valor de la superficie en planta edificada total (m<sup>2</sup>s) y edificabilidad construida sobre rasante (m<sup>2</sup>t), así como como el sumatorio de las superficies catastrales correspondientes. Por último, se geoprocesa la cartografía catastral para determinar los parámetros dimensionales de los bloques o manzanas.

En la FIG. 2 se muestran los atributos empleados de los sistemas catastral y estadístico, correspondientes a las partes numérica y cartográfica.

En resumen, en esta fase se obtiene información descriptiva de cada edificio, útil para determinar las variables de la matriz tipomorfológica.

### 3.2. Clasificación tipomorfológica: definición y cálculo

En las siguientes subsecciones se establecen los criterios descriptivos y de cálculo necesarios para la clasificación tipomorfológica.

FUENTE	TIPO DE DATO	ELEMENTO	ATRIBUTO	DESCRIPCION (ud.)
ENTIDAD ESTADÍSTICA	GRÁFICA	SECCIÓN CENSAL	Área	Superficie del ámbito urbano (m <sup>2</sup> )
	GRÁFICA	EDIFICIO	Superficie en planta Perímetro	Huella edificada (m <sup>2</sup> s) Longitud del frente de fachada (m)
CATASTRO	ALFANUMÉRICA	PARCELA	Año	Fecha fin de obra
		LOCAL	Nº de plantas Edificabilidad	Valor numérico del local más elevado Suelo construido (m <sup>2</sup> t)

Unión espacial  
 Identificador alfanumérico común

FIG. 2 / Descripción de fuentes y la relación entre los datos

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.1. V1 - V2. Variables del edificio

La variable año de construcción tiene una mayor incidencia sobre las características constructivas particulares de los periodos constructivos asociados a la edificación, bien sea por el diseño de la época y normativa, así como por la evolución histórica e incidencia sobre materiales y requerimientos técnicos.

La antigüedad de un inmueble puede conocerse a través de diversas fuentes como los certificados de fin de obra, el Registro de la Propiedad o las fichas catastrales. Por su grado de sistematización y estructuración de datos, los sistemas catastrales son la opción más adecuada y simple para este tipo de estudios de carácter masivo. El año asignado a cada edificio se corresponde con la fecha de fin de obra de la parcela.

La obtención de las alturas de los edificios tiene variantes en función del objetivo que se busque. En este caso, el interés reside en el número de plantas, por lo que, el sistema catastral vuelve a constituir la forma más optimizada. Sin embargo, si se desea conocer la altura como dimensión geométrica vertical, se debe recurrir a vuelos fotogramétricos, teledetección, modelos digitales de elevaciones o levantamientos topográficos.

El cálculo del número de plantas se ha extraído del valor máximo del atributo “nº de planta” de cada edificio de la base catastral de locales.

En primer lugar, partiendo del análisis contextual e histórico del desarrollo urbanístico y normativo de la ciudad se definen  $n$  periodos temporales; siendo  $n$  el número de grupos característicos de cada emplazamiento y, por tanto,  $P_n$  el periodo correspondiente a dicho rango. Posteriormente, dentro de cada uno de estos periodos y, referente a la segunda variable de altura, se clasifican en función del número de plantas en tres categorías: Alta, Media, Baja.

### 3.2.2. V3. Densidad - Forma Urbana

En tanto que la identificación de los tejidos urbanos en función de la densidad va más allá de medidas simples como el nº de viviendas por hectárea, se recoge el método *Spacemate* (BERGHAUSER PONT & HAUPT, 2009) para implementarlo en una herramienta más compleja. Este método se fundamenta en la densidad como compendio de superficies y volúmenes construidos, número de plantas promedio y vacíos generados. Por tanto, se manejan magnitudes complejas y mensurables, y no se basa en la subdivisión interna clásica basada en la cuantificación de viviendas. Se establece una relación entre los 4 inputs: *Coverage* (GSI), *Building Intensity* (FSI), *Building height* (L) and *Spaciousness* (OSR). En la FIG. 3 se definen los parámetros del método *Spacemate*, así como su fórmula de cálculo.

Estos cuatro parámetros urbanísticos combinados dan lugar a la gráfica *Spacemate*. Ésta se



Parámetro	Definición	Fórmula
GSI Ocupación del suelo	Relación entre la superficie construida en planta y la superficie del sector	$GSI_x = \frac{B_x}{A_x}$
FSI Intensidad edificatoria	Relación entre el área construida en todas las plantas de las edificaciones incluidas en el sector y el área del mismo	$FSI_x = \frac{F_x}{A_x}$
L Número de plantas	Número medio de alturas de la edificación	$L = \frac{FSI_x}{GSI_x}$
OSR Espaciosidad	Presión del espacio no edificado. Relación entre el espacio no construido y el construido	$OSR = \frac{(1 - GSI_x)}{FSI_x}$
B <sub>x</sub> : Superficie edificada (m <sup>2</sup> ) F <sub>x</sub> : Superficie edificada (m <sup>2</sup> ) A <sub>x</sub> : Superficie de la escala de agregación de referencia (m <sup>2</sup> )		

FIG. 3 / Parámetros del método Spacemate

Fuente: Elaboración propia a partir de BERGHAUSER &amp; HAUPT, 2009

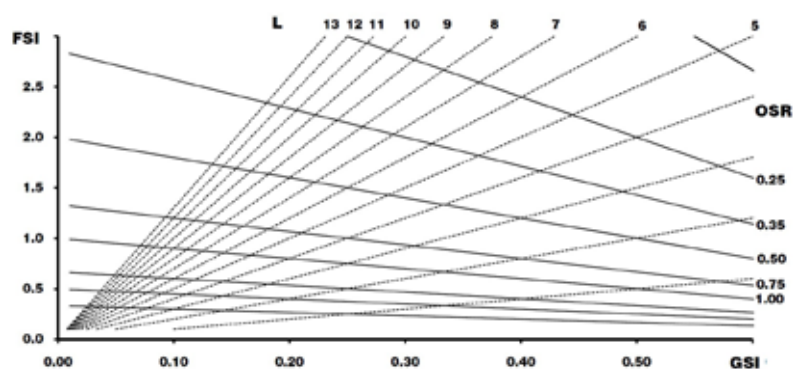


FIG. 4 / Gráfica de Spacemate

Fuente: BERGHAUSER PONT &amp; HAUPT, 2009

compone a través de dos ejes principales: en abscisas se representa la ocupación del sector y en ordenadas la intensidad edificatoria. Ya que los otros dos parámetros son dependientes de los primeros, se pueden representar las rectas que definen el número promedio de plantas de las edificaciones y el valor de la espaciosidad. De tal modo que la entrada al gráfico de la FIG. 4 puede realizarse por medio de una pareja de parámetros, obteniendo directamente el resto.

Además, como demuestran empírica y matemáticamente BERGHAUSER PONT & HAUPT (2009) estos cuatro parámetros delimitan un conjunto de zonas que corresponden a formas urbanas concretas. Para cada escala de agregación (edificio, parcela, manzana, tejido y distrito) se redefinen los límites de los *clusters* generados, debido al cambio en el valor absoluto de densidad que produce la incorporación de espacios

representados por la diferencia entre la superficie bruta y neta entre dos escalas de agregación consecutivas. A una escala de tejido urbano, llegan a distinguirse sintéticamente hasta nueve casos según la altura (baja, media o alta) y tipología de la huella (puntual, lineal o bloque). De forma general, en la parte superior se sitúan los tejidos altamente compactos y densos; aparece un sector central con una estructura urbana reconocible pero menos intensificada; la parte inferior concentra los tejidos suburbanos; y el sector inferior izquierdo representa las zonas de edificación en altura.

### 3.2.3. V4. Tipología arquitectónica

Como se ha señalado, el estudio de la huella construida proporciona información sobre

la forma de las ciudades, sus procesos constructivos y las diferentes tendencias arquitectónicas que han configurado el paisaje urbano. Esta propuesta caracteriza estas formas desde un enfoque geométrico y sistemático mediante la relación entre dos variables y su *clusterización*, permitiendo un análisis automatizado de la forma de la ciudad.

El primer parámetro estudiado, el de la circularidad, se encuadra dentro de los denominados factores de forma, y es ampliamente utilizado en procesamiento de imágenes (SCHICK & al., 2012) (STUTZ & al., 2018) a y estudios granulométricos (PODCZEK, 1997). Se trata de un indicador adimensional e independiente del tamaño de la unidad que mide el grado de desviación respecto a la figura ideal, en este caso el círculo. La fórmula utilizada es la siguiente:

$$C = \frac{4 \cdot \pi \cdot A}{P^2} \quad [1]$$

C: Circularidad

A: Superficie en planta del bloque o manzana (m<sup>2</sup>)

P: Perímetro en planta del bloque o manzana (m)

Por su parte, la relación de aspecto representa la proporción entre las dos dimensiones principales del polígono. Se calcula según la siguiente

expresión, utilizando los parámetros dimensionales calculados anteriormente:

$$AR = \frac{D_{min}}{D_{max}} \quad [2]$$

AR: Relación de aspecto

Dmin: Diámetro de la circunferencia inscrita en el bloque o manzana (m)

Dmax: Diámetro de la circunferencia envolvente mínima del bloque o manzana (m)

Como se puede ver en la FIG. 5, a partir de una amplia y variada muestra de bloques, éstos se sitúan sobre la gráfica de factor de forma, que consta de la circularidad en ordenadas y la relación de aspecto en abscisas.

Se comprueba que se generan unas agrupaciones disgregadas según unas tipologías arquitectónicas con características comunes que corresponden a la siguiente clasificación:

1. Manzana cerrada (MC): agrupación de edificios que conforman un polígono regular cerrado, delimitado por el viario público perimetral y con un patio de manzana.
2. Manzana abierta (MA): disposición alineada de los edificios con apertura hacia sus espacios interiores.

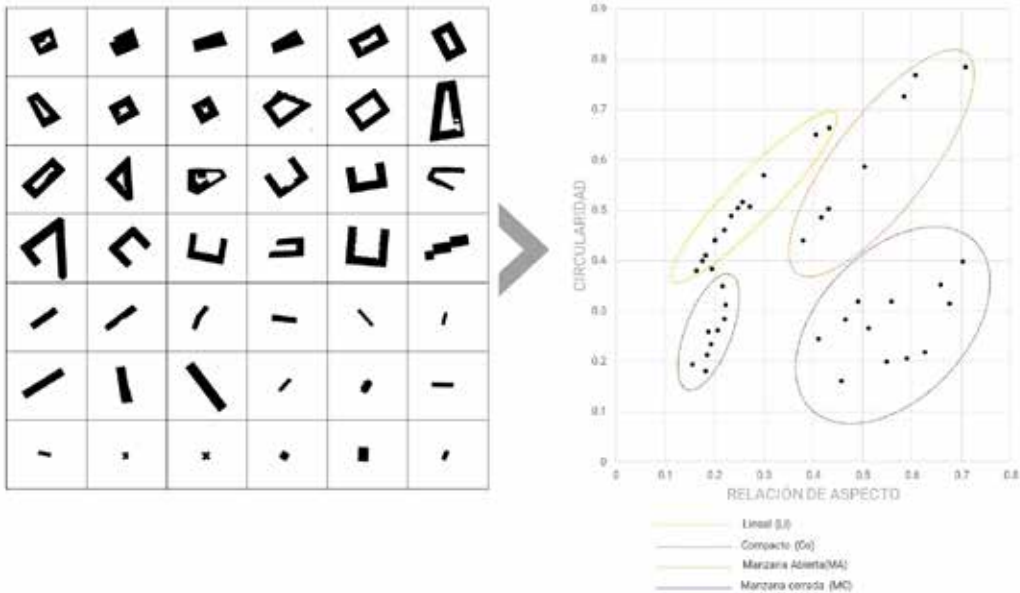


FIG. 5 / Proceso de clusterización tipológica

Fuente: Elaboración propia

3. Lineal (Li): bloques exentos formados por la alineación de edificios que habitualmente liberan extensos espacios interbloque.
4. Compacto (Co): bloque exento con patio interior de parcela.

Por tanto, una vez identificados los clústeres formados en la gráfica –dando lugar a cuatro sectores delimitados empíricamente y establecida la clasificación nominal– se definen matemáticamente los límites de cada tipología descrita mediante el cálculo de las ecuaciones de las curvas correspondientes a cada sector. La gráfica está delimitada superiormente por una franja curva que representa los bloques lineales, mientras que en el sector inferior derecho se sitúan las manzanas cerradas. Entre estos dos sectores se localizan, a la izquierda las manzanas abiertas y en la parte superior derecha los bloques compactos.

### 3.3. Matriz tipomorfológica

A partir de la combinación de las cuatro variables definidas, se obtiene una matriz tipomorfológica que clasifica el parque residencial, lo que permite categorizar de forma muy detallada todo el entorno construido. En la FIG. 6 se puede ver cómo cada unidad tipomorfológica está compuesta de las 4 variables.

## 4. Caso de estudio

La presente investigación se ha desarrollado en el marco del proyecto **RISAV | Método para la evaluar la prioridad de las intervenciones de rehabilitación en función del riesgo para la salud asociado a la vivienda financiado por la Diputación de Guipúzcoa**. Por tanto, persiguiendo la aplicación del método en la realidad local, el caso de estudio seleccionado para la validación del método es la ciudad de Donostia-San Sebastián, municipio español, capital de la provincia de Gipuzkoa, en la comunidad autónoma del País Vasco. La población del municipio es de 188 240 habitantes (2020) (INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, 2021) y la superficie alcanza los 60,89 km<sup>2</sup>. La densidad de población es de 3060,77 hab/km. Cuenta con 10 717 edificios (2020) (EUSTAT, 2020a) conformados por 93 818 viviendas, de las cuales 4704 son unifamiliares y las 89 114 restantes son plurifamiliares (EUSTAT, 2020b).

El marco de referencia en el que se engloba la metodología presentada y el objetivo fijado para la clasificación tipomorfológica –centrado en la definición de la prioridad de las intervenciones de rehabilitación– motiva el descarte de los periodos posteriores al 2007, considerando adecuados los estándares de construcción basados en la integración de las normativas y exigencias establecidas por el CTE (Código Técnico de la Edificación). La muestra de análisis de esta investigación, finalmente, consta de un total de 6757 edificios y 80 336 viviendas.

MATRIZ TIPOMORFOLÓGICA		V 3 + V 4				
		DENSIDAD	TIPOLOGÍA EDIFICATORIA			
		Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>3</sub>	Y <sub>4</sub>	Y <sub>5</sub>
V 1						
AÑO DE CONSTRUCCIÓN	X <sub>1</sub>	UTm <sub>1</sub>	UTm <sub>2</sub>	UTm <sub>3</sub>	UTm <sub>4</sub>	UTm <sub>n</sub>
	X <sub>2</sub>					
	X <sub>3</sub>					
	X <sub>4</sub>					
	X <sub>n</sub>					

UTm: Unidad Tipomorfológica

FIG. 6 / Matriz tipomorfológica

Fuente: Elaboración propia

Esta experiencia constituye una primera propuesta metodológica que podría aplicarse posteriormente en otras realidades.

## 5. Resultados - discusión

A continuación, se muestran y analizan los datos obtenidos para cada fase y la matriz tipomorfológica.

### 5.1. V1-V2. Clasificación en función de variables de la edificación

A través del análisis contextual e histórico del desarrollo urbanístico y normativo de la ciudad y las propuestas realizadas en otros estudios similares, se definen 5 grupos en la variable año de construcción: anteriores a 1900, 1901-1940, 1941-1960, 1961-80, 1981-2007. Cada uno de estos grupos se asocia a diversos perfiles a través del análisis de las tipologías arquitectónicas de la época. De la combinación de estas dos variables se ha clasificado el parque en 14 grupos.

Del mapa resultante de la FIG. 7 –atendiendo a la variable 1 y 2– podemos extraer a modo de síntesis que la ciudad de Donostia-San Sebastián, consta de una morfología concreta y específica para el Casco Histórico desarrollado previo al año 1900 y cuya delimitación destaca del resto de la ciudad por el emplazamiento al pie del Monte Urgull. La ciudad burguesa y el crecimiento expansivo de la ciudad se engloban en los años posteriores hasta 1940–1960 acogiendo la forma urbana de ensanches de PB + 4, principalmente, y una quinta planta amansardada desde el origen, en algunos casos. Estos ensanches son: Cortázar, Goicoa, Oriental, Gros, Zurriola, Antiguo y Amara. Posteriormente, y como particularidad de la ciudad de Donostia, debido al desarrollo urbanístico y la modificación de la estructura urbana de la ciudad durante la vigencia del Plan General de 1962 –el cual se caracterizó por la ausencia real de planificación– se desarrollaron actuaciones de levantes y derribos de edificios enteros que transformaron la mayor parte de ese parque construido en edificios de PB+5 o 6. El resto de la trama urbana de Donostia, como consecuencia del crecimiento expansivo de los años posteriores y hasta la actualidad, se construyó con una mayor diversidad de alturas de edificación, predominando la PB+4/8 y alcanzando las 9 plantas en algunos casos.

### 5.2. v3. Clasificación en función de la densidad y forma urbana

Tras situar en la gráfica Spacemate todas las secciones censales con sus parámetros urbanísticos calculados, se presenta una dualidad bastante clara entre los tejidos más compactos e intensificados y otros más esponjados o dispersos. A pesar de que este límite es difuso, puede establecerse una división que se sitúa en el valor 0,5 en la recta de espaciosidad. En otros estudios en los que se ha utilizado este método para clasificar la forma urbana, como en el de Ámsterdam (PODCZEK, 1997), se ha empleado el parámetro Amplitud (OSR) para detectar tejidos “muy urbanos”, utilizando distintos valores en función de las características particulares de la ciudad.

De esta manera, se clasifica el tejido urbano mediante la variable en dos categorías principales: tejido de Alta densidad (A) y tejido de Media-Baja densidad (B). Se considera que con estos dos clústeres es suficiente dado que la categorización final depende de otras tres variables que los diferencian a su vez.

A pesar del buen ajuste conseguido entre el modelo y la realidad observada, se aprecian una serie de casos que por su continuidad con tramas densas y su situación próxima a la zona de transición en la gráfica, se decide realizar modificaciones en dos áreas concretas. Se trata de cuatro secciones censales que pueden agruparse en dos zonas concretas donde aún permanecen parcelas no consolidadas con amplias zonas abiertas. Asimismo, por su singularidad, se incluye otra categoría densa no detectada en el esquema de la FIG. 8, que corresponde al Casco Antiguo. Esta delimitación suele encontrarse en los documentos de planeamiento urbanístico local.

De esta manera, llevando esta diferenciación al plano, se obtiene una representación de los tejidos urbanos, encontrando que las secciones densas corresponden en su mayoría a desarrollos urbanísticos en retícula, aunque también aparecen barrios con manzana irregular u otras corrientes de desarrollo en altura.

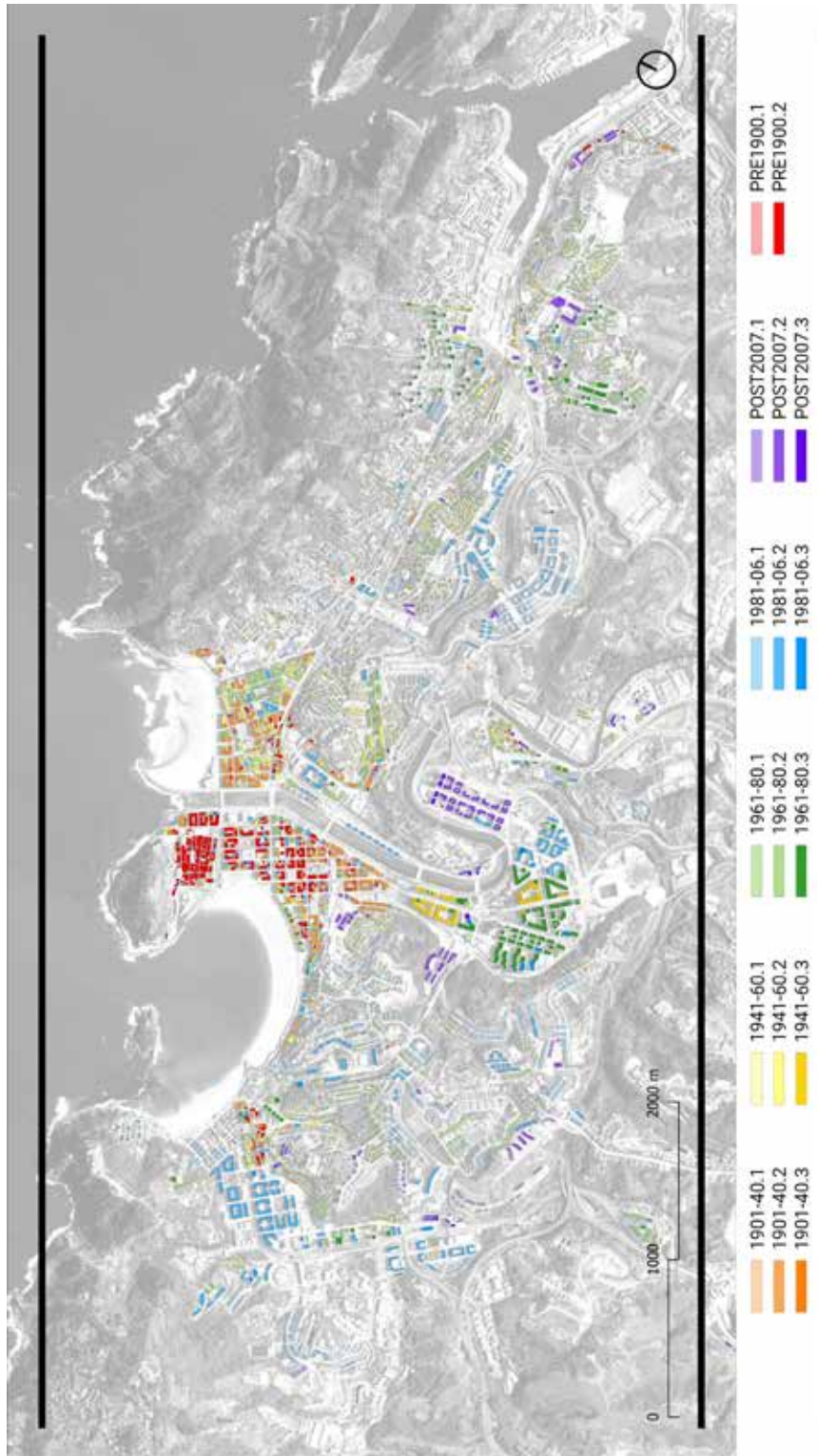


FIG. 7 / Representación de las variables 1 y 2 en Donostia-San Sebastián.

Fuente: Elaboración propia



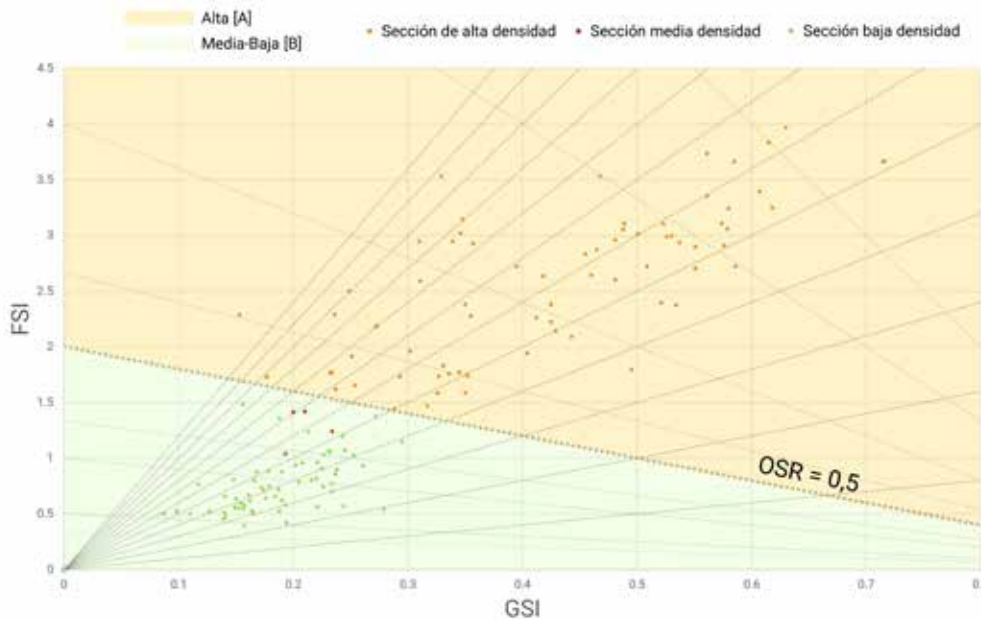


FIG.8 / Secciones censales de Donostia-San Sebastián representados en la gráfica SpaceMate.

Fuente: Elaboración propia

### 5.3. V4. Clasificación en función de las tipologías arquitectónicas

Con los parámetros geométricos bidimensionales calculados para cada bloque, cada pareja de valores relación de aspecto-circularidad se sitúan en la gráfica mostrada en la FIG. 9 formando una nube de puntos que quedan automáticamente catalogados en la tipología edificatoria del sector en el que se localicen. De este modo, cada edificio hereda la tipología del bloque al que pertenece.

Una vez asignada la tipología, se muestran en el plano. Se verifica como las manzanas cerradas se localizan predominantemente en tejidos densos con una estructura urbana homogénea en retícula. Los bloques abiertos suelen encontrarse como prolongación y complemento de los anteriores, aunque también se insertan en otros tejidos urbanos con una geometría algo más irregular.

Por otro lado, los bloques lineales y compactos generan un mosaico entremezclado en las partes de la ciudad con una menor intensidad de edificación.

En resumen, la determinación de las tipologías edificatorias aporta un nivel de detalle adicional al obtenido por el valor de densidad para una escala algo superior, evidenciando la diversidad que aparece dentro de esas delimitaciones.

### 5.4. Matriz tipomorfológica resultante

De la combinación de las cuatro variables descritas anteriormente aplicados al caso de estudio de Donostia-San Sebastián, mediante la georreferenciación de cada uno de las unidades tipomorfológicas se obtiene una visualización espacial de la matriz tipomorfológica resultante tal y como muestra la FIG. 10, que consta de 117 unidades tipomorfológicas. Como ya se ha comentado, esta matriz permite clasificar el parque residencial en función de sus características edificatorias y urbanísticas.

Con respecto a las unidades tipomorfológicas representadas, se describen a continuación los fenómenos más destacables.

En primer lugar, el Casco Histórico está representado, principalmente, por edificios de altura media, anteriores a 1900 con gran variedad tipológica, pero predominantemente compacta y lineal, con una importante intensidad edificatoria promedio de  $2,5 \text{ m}^2/\text{m}^2\text{t}$ .

Dentro de los tejidos de alta densidad cabe destacar dos modelos de ensanche diferenciados históricamente. Por un lado, los ensanches decimonónicos destacan por su elevado FSI, con un valor medio de  $2,9 \text{ m}^2/\text{m}^2\text{t}$ , y una tipología

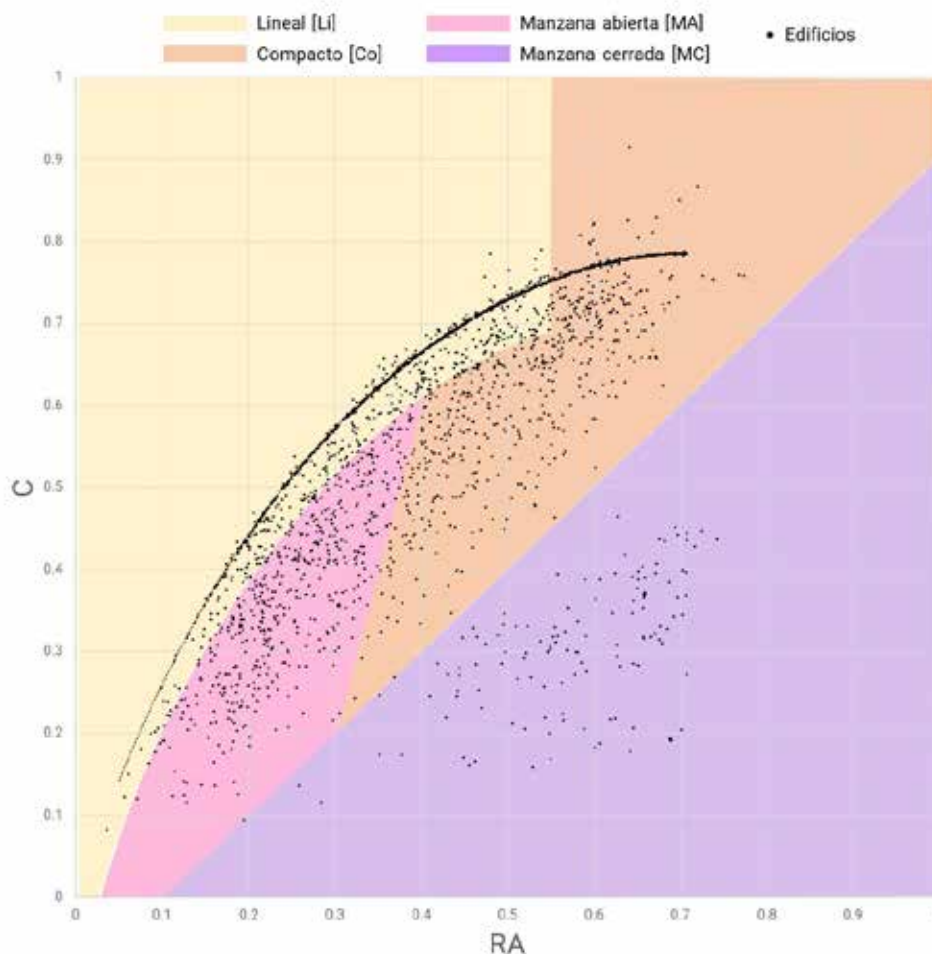


FIG. 9 / Edificios de Donostia-San Sebastián representados en la gráfica del factor de forma.

Fuente: Elaboración propia

edificatoria muy homogeneizada representada por manzanas cerradas de altura media construidas antes de 1940. Por otro lado, los ensanches contemporáneos, posteriores a los ochenta, presentan una intensidad más reducida, con un FSI promedio de  $1,8 \text{ m}^2/\text{m}^2\text{t}$ . Además, la distribución de tipologías es más heterogénea, apareciendo composiciones de manzanas cerradas, abiertas y bloques lineales, y el espacio libre aumenta a costa de una menor ocupación del suelo.

El resto de zonas de alta densidad están vinculadas a la época desarrollista, con densidades agrupadas promedio que van desde los  $2,9 \text{ m}^2/\text{m}^2\text{t}$  y bloques lineales hasta los  $1,8 \text{ m}^2/\text{m}^2\text{t}$  mediante torres.

Cabe destacar el contraste que supone la presencia de tramas ortogonales en rejilla con manzana cerrada insertas en secciones de media-baja densidad, con grandes patios y amplios viales, construidos en periodos relativamente recientes. En cuanto a las zonas de densidad media-baja, cuyo FSI medio es de  $0,75 \text{ m}^2/\text{m}^2\text{t}$ , evidencia una predominancia de bloques lineales y compactos y, con asiduidad, edificios de baja altura del periodo 1941-60. Dentro de la variedad de estas zonas de baja densidad, las secciones de gran altura con presencia de torres tienen una ocupación de suelo del 10% en contraste con otras secciones en las que se dobla esa cifra y abundan los bloques lineales.

En el plano de la FIG. 11 se muestra de forma combinada el resultado de las tres variables

VARIABLES DEL EDIFICIO (AÑO Y Nº PLANTAS)	CASCO HISTORICO [CH]	ALTA [A]				MEDIA-BAJA [B]			
		LINEAL [L]	COMPACTO [Co]	MANZANA ABIERTA [Ma]	MANZANA CERRADA [Mc]	LINEAL [L]	COMPACTO [Co]	MANZANA ABIERTA [Ma]	MANZANA CERRADA [Mc]
ANT1900.1 (<=PB+3)	10.5		3.1	0.2	0.4	1.6	5.1	2.1	1.2
ANT1900.2 (>=PB+4)	82.8	7.0	8.6	2.0	27.7	0.3	0.5	2.9	
1901-40.1 (<=PB+3)		2.2	2.5	0.4	0.1	6.0	17.3	5.5	1.2
1901-40.2 (PB+4/8)	1.5	16.2	25.8	16.0	34.6	1.2	2.9	4.2	5.6
1941-60.1 (<=PB+3)	0.4	1.7	7.4	1.0		20.7	18.2	11.1	0.6
1941-60.2 (PB+4/8)	0.7	15.9	3.1	5.9	8.5	4.5	2.3	6.3	7.4
1941-60.3 (>=PB+9)		2.7	1.8	5.3	1.2				
1961-80.1 (<=PB+3)		4.3	0.6	0.4	0.1	17.7	13.9	16.5	
1961-80.2 (PB+4/8)	1.1	18.6	17.2	15.8	12.1	13.5	6.6	23.2	11.7
1961-80.3 (>=PB+9)		13.0	14.7	21.3	2.2	1.1	3.2	1.4	
1981-06.1 (<=PB+3)	0.4	1.0	5.5	0.8		22.5	25.6	14.9	54.9
1981-06.2 (PB+4/8)	2.6	16.7	7.4	27.9	12.9	10.8	4.1	11.7	17.3
1981-06.3 (>=PB+9)		0.7	2.5	3.0	0.3	0.1	0.5	0.2	0.0
Número Total edificios	267	414	163	506	1,063	1,714	837	1,064	162

FIG. 10 / Matriz tipomorfológica del caso estudio Donostia- San Sebastián. Porcentaje de edificios de cada unidad tipomorfológica (sumatorios verticales)

Fuente: Elaboración propia

sobre los edificios de Donostia-San Sebastián. Así, cada unidad tipomorfológica puede ser identificado como el solape de la densidad urbana sobre el territorio, la tipología arquitectónica representada por el perímetro del bloque y las variables asociadas a la edificación mediante el color de la misma.

## 6. Conclusiones

Como se ha puesto de manifiesto en la revisión bibliográfica, los métodos utilizados hasta ahora para realizar la agrupación del parque edificado han sido muy amplios, pero, en su mayoría, dan lugar a clasificaciones demasiado genéricas que no permiten detallar suficientemente las características de los edificios. Por lo tanto, no son válidos para diagnósticos detallados como el que se persigue en esta investigación. El objetivo es lograr una segmentación lo suficientemente precisa como para clasificar el parque edificado a escala municipal, aprovechando los datos masivos disponibles. Esto permitirá identificar los edificios prioritarios de intervención en cada zona, diversificar las estrategias de rehabilitación y facilitar la toma de decisiones también en otros ámbitos. Para ello, se requieren nuevas herramientas de planificación estratégica que proporcionen información sobre las condiciones actuales del parque residencial y

permitan concretar el potencial de mejora y rehabilitación de las zonas urbanas y de cada edificio en detalle.

La metodología que se presenta se ha demostrado eficaz para la consecución de los objetivos fijados y la herramienta GIS asociada ha resultado ser ágil y exportable, a pesar de la gran cantidad de datos empleada. Se ha clasificado el parque edificado según una matriz tipomorfológica basada en variables referentes a las características constructivas, urbanas y edificatorias. Estas unidades tipomorfológicas representan un arquetipo de su clase para todo el parque edificado, lo que permite asociar atributos, parámetros o indicadores a estas unidades para su aplicación en otros estudios.

El uso de fuentes públicas de datos urbanos, a pesar de presentar cierta inconsistencia en el caso de la información catastral española, demuestra que es posible alcanzar un grado de definición a nivel de edificio a partir de estas. Esta realidad permite a los agentes decisores implementar y evaluar políticas a una escala municipal o superior considerando las problemáticas específicas de cada tipomorfológica.

Resulta también oportuno destacar el carácter interesalar de la herramienta. En principio, da respuesta a una necesidad actual de los municipios de tener una herramienta para el diagnóstico y definición de las estrategias locales de

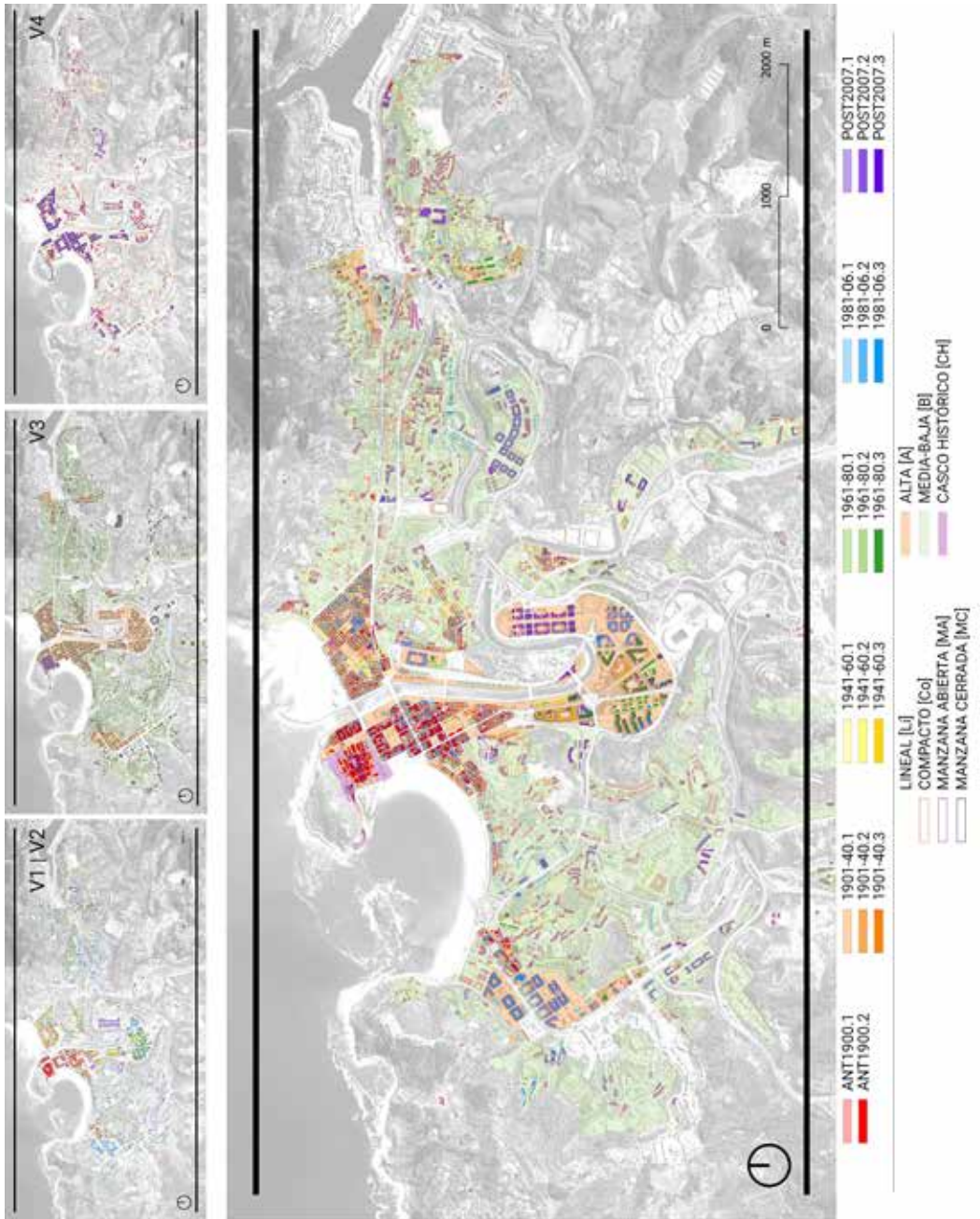


FIG. 11 / Representación de las variables 1&2, 3 y 4 y el escenario final en Donostia-San Sebastián

Fuente: Elaboración propia

rehabilitación del parque residencial. Sin embargo, puede ser aplicado en ámbitos mayores (regiones o ámbitos supramunicipales) o también en escalas de barrio o distrito. En este segundo caso, la aproximación podría ser mayor y se podría completar el estudio con trabajo de campo

que permitiría determinar con mayor precisión las problemáticas de los edificios de mayor prioridad.

Como se ha mostrado, la metodología ha sido aplicada al parque residencial de Donostia-San Sebastián, consiguiendo una descripción



urbanística y arquitectónica singularizada para cada edificio. La desagregación en tipomorfológicas reconocibles ha permitido la asociación de características de forma sistemática a los edificios. A partir de esos datos se podrán crear escenarios específicos de vulnerabilidad para los diversos ámbitos de estudio. La diversidad de las variables asociadas a las tipomorfológicas posibilita realizar un diagnóstico más complejo: además de los análisis más usuales vinculados a la energía, el confort higrotérmico o la accesibilidad, puede incluir otros ámbitos como el confort lumínico y acústico o cuestiones vinculadas a la calidad espacial de las viviendas. Por tanto, puede ser un instrumento clave para la evaluación y diseño de políticas de rehabilitación residencial a nivel municipal.

Con respecto a las limitaciones del método, éste requiere de un análisis histórico-urbanístico para la definición de los periodos de la variable de caracterización tipomorfológica V1 y V2. Además, la gran dimensión (filas y columnas) de la matriz tipomorfológica resultante, en función del objetivo, puede requerir un criterio para reducir el número total de unidades tipomorfológicas a describir. En cuanto a las limitaciones encontradas durante su aplicación, conviene resaltar que: en las variables propias de la edificación extraídas del Catastro de Gipuzkoa se han identificado desviaciones en los datos con respecto a la realidad, tanto en la parte gráfica (planta de los edificios) como en la numérica (casos singulares de *levantes* y rehabilitaciones); mientras que en las variables de forma urbana, la delimitación mediante secciones censales presentan el inconveniente de que su función original es estadística y no urbanística, por lo que en determinados casos los tejidos aglutinados no son homogéneos y han requerido de ciertos ajustes.

En esencia, el método propuesto supone un nuevo instrumento que aporta una nueva, más variada y precisa información acerca de la situación actual del parque construido. Y ésta representa la principal innovación del proyecto con respecto a las metodologías empleadas por estudios anteriores.

## 7. Bibliografía

- ARCAS-ABELLA, J. & PAGÈS-RAMON, A. & LARRUMBIDE, E. & HUERTA, D. (2019): Segmentación del parque residencial de viviendas en España en clústeres tipológicos. *Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo. Ministerio de Fomento*.
- BALLARINI, I. & CORGNATI, S. P. & CORRADO, V. (2014): Use of reference buildings to assess the energy saving potentials of the residential building stock: The experience of TABULA project. *Energy Policy*, 68, pp. 273-284. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.01.027>
- BERGHAUSER PONT, M. Y. (2009): Space, Density and Urban Form. In *Institutional Repository*. Institutional Repository.
- BERGHAUSER PONT, M. Y. & HAUPT, P. A. (2007): The relation between urban form and density. *Urban Morphology*, 11(1), 62-67.
- BOYKO, C. T. & COOPER, R. (2011): Clarifying and re-conceptualising density. *Progress in Planning*, 76(1), pp. 1-61. <https://doi.org/10.1016/J.PROGRESS.2011.07.001>
- BURTON, E. (2002): Measuring urban compactness in UK towns and cities. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 29, pp. 219-250.
- CAPUTO, P. & COSTA, G. & FERRARI, S. (2013): A supporting method for defining energy strategies in the building sector at urban scale. *Energy Policy*, 55, pp. 261-270. <https://doi.org/10.1016/J.ENPOL.2012.12.006>
- CHURCHMAN, A. (1999): Disentangling the concept of density. *Journal of Planning Literature*, 13(4), pp. 389-411. <https://doi.org/10.1177/08854129922092478>
- DASCALAKI, E. G. & DROUTSA, K. & GAGLIA, A. G. & KONTOYIANNIDIS, S. & BALARAS, C. A. (2010): Data collection and analysis of the building stock and its energy performance—An example for Hellenic buildings. *Energy and Buildings*, 42(8), pp. 1231-1237. <https://doi.org/10.1016/J.ENBUILD.2010.02.014>
- DEPARTAMENTO DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL, V. Y T. (2019): Long-term intervention strategy for the Basque Country's building stock. *Planificación territorial y urbanismo - Euskadi.eus*. Regeneración Urbana .
- DOVEY, K. & PAFKA, E. (2014): The urban density assemblage: Modelling multiple measures. *Urban Design International*, 19(1), pp. 66-76. <https://doi.org/10.1057/UDI.2013.13>
- DU, S. & LUO, L. & CAO, K. & SHU, M. (2016): Extracting building patterns with multilevel graph partition and building grouping. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 122, pp. 81-96. <https://doi.org/10.1016/J.ISPRSJPRS.2016.10.001>
- ERNEST R. A. (1993): Density measures: A review and analysis. *Journal of Architectural and Planning Research*, 10(3), pp. 181-202.
- ESTEBAN GARBAYO, J. DE (2017): Principles of the urban form in the work of Leslie Martin and the LUBFS. *ZARCH*, 8, pp. 170-183. [https://doi.org/10.26754/OJS\\_ZARCH/ZARCH.201782154](https://doi.org/10.26754/OJS_ZARCH/ZARCH.201782154)
- EUROPEAN COMMISSION (2021): A Renovation wave for Europe. *EU Buildings Projects*.
- EUROPEAN COMMISSION & EUROPEAN PARLIAMENT (2018): Revision of the Energy Performance of Buildings Directive. *Official Journal of the European Union*.



- EUSTAT (Instituto vasco de Estadística) (2020a): *Tablas estadísticas: Edificios de la C.A. de Euskadi por ámbitos territoriales, según tipo de edificio*.
- EUSTAT (Instituto vasco de Estadística) (2020b): *Viviendas familiares de la C.A. de Euskadi por ámbitos territoriales y número de viviendas del edificio*.
- GARCÍA-MARTÍN, M.F. (2020): La forma urbana : un estudio de las periferias de las ciudades intermedias españolas a lo largo del siglo XX.
- HASSLER, U. (2010): Long-term building stock survival and intergenerational management: the role of institutional regimes. *The Historic Environment: Policy & Practice*, 37(5-6), pp. 552-568. <https://doi.org/10.1080/09613210903189533>
- Instituto Nacional de Estadística INE (2021): *Gipuzkoa: Población por municipios y sexo*.
- KREHL, A. & SIEDENTOP, S. & TAUBENBÖCK, H. & WURM, M. (2016): A comprehensive view on urban spatial structure: Urban density patterns of German city regions. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 5(6). <https://doi.org/10.3390/IJGI5060076>
- LI, X. & YAO, R. & LIU, M. & COSTANZO, V. & YU, W. & WANG, W. & SHORT, A. & LI, B. (2018): Developing urban residential reference buildings using clustering analysis of satellite images. *Energy and Buildings*, 169, pp. 417-429. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.03.064>
- LIDDELL, C. & MORRIS, C. (2010): Fuel poverty and human health: A review of recent evidence. *Energy Policy*, 38(6), 2987-2997. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.01.037>
- LOGA, T. & STEIN, B. & DIEFENBACH, N. (2016): TABULA building typologies in 20 European countries—Making energy-related features of residential building stocks comparable. *Energy and Buildings*, 132, pp. 4-12. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.06.094>
- LOWRY, J. H. & LOWRY, M. B. (2014): Comparing spatial metrics that quantify urban form. *Computers, Environment and Urban Systems*, 44, pp. 59-67. <https://doi.org/10.1016/j.compenurbsys.2013.11.005>
- MATA, É. & SASIC KALAGASIDIS, A. & JOHNSON, F. (2013): Energy usage and technical potential for energy saving measures in the Swedish residential building stock. *Energy Policy*, 55, pp. 404-414. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.12.023>
- MEINEL, G. & HECHT, R. & HEROLD, H. (2009): Analyzing building stock using topographic maps and GIS. *Building Research and Information*, 37(5-6), pp. 468-482. <https://doi.org/10.1080/09613210903159833>
- NEIDHART, H. & SESTER, M. (2004): Identifying building types and building clusters using 3D-laser scanning and GIS-data. *Geo-Imagery Bridging Continents*.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, OECD. (2012): *Compact City Policies: A Comparative Assessment*. *OECD Green Growth Studies*.
- PODCZEK, F. (1997): A shape factor to assess the shape of particles using image analysis. *Powder Technology*, 93(1), pp. 47-53. [https://doi.org/10.1016/S0032-5910\(97\)03257-9](https://doi.org/10.1016/S0032-5910(97)03257-9)
- RAPOPORT, A. (1975): Toward a Redefinition of Density. *Environment and Behavior*, 7(2), 133-158. <https://doi.org/10.1177/001391657500700202>
- SAMBRICIO, C. (2003): *De la manzana cerrada al bloque abierto. Un siglo de vivienda social 1903-2003 : centenario del Instituto de Reformas Sociales*. Ed. Nerea.
- SANTIAGO-RODRÍGUEZ DE, E. (2021): Vista de La Estrategia de Rehabilitación ERESEE 2020: una oportunidad para un cambio de modelo en el sector de la vivienda en España. *Ciudad y Territorio, Estudios Territoriales*, LIII, 239-276.
- SCHICK, A. & FISCHER, M. & STIEFELHAGEN, R. (2012): Measuring and evaluating the compactness of superpixels. *Computer Science, Mathematics*.
- SCHWARZ, N. (2010): Urban form revisited-Selecting indicators for characterising European cities. *Landscape and Urban Planning*, 96(1), pp. 29-47. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.01.007>
- SOLÁ-MORALES DE, M. (1973): Las formas de crecimiento urbano. *Escuela Técnica Superior d'Arquitectura de Barcelona*.
- STEINIGER, S. & LANGE, T. & BURGHARDT, D. & WEIBEL, R. (2008): An Approach for the Classification of Urban Building Structures Based on Discriminant Analysis Techniques. *Transactions in GIS*, 12(1), pp. 31-59. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9671.2008.01085.x>
- STUTZ, D. & HERMANS, A. & LEIBE, B. (2018): Superpixels: An evaluation of the state-of-the-art. *Computer Vision and Image Understanding*, 166, pp. 1-27. <https://doi.org/10.1016/j.cviu.2017.03.007>
- THEODORIDOU, I. & PAPADOPOULOS, A. M. & HEGGER, M. (2011a): Statistical analysis of the Greek residential building stock. *Energy and Buildings*, 43, pp. 2422-2428. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.05.034>
- THEODORIDOU, I. & PAPADOPOULOS, A. M. & HEGGER, M. (2011b): A typological classification of the Greek residential building stock. *Energy and Buildings*, 43(10), pp. 2779-2787. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.06.036>
- THEODORIDOU, I. & PAPADOPOULOS, A. M. & HEGGER, M. (2012): A feasibility evaluation tool for sustainable cities – A case study for Greece. *Energy Policy*, 44, pp. 207-216. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.01.042>
- TOMMERUP, H. & SVENDSEN, S. (2006): Energy savings in Danish residential building stock. *Energy and Buildings*, 38(38), pp. 618-626. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2005.08.017>
- UIHLEIN, A. & EDER, P. (2010): Policy options towards an energy efficient residential building stock in the EU-27. *Energy and Buildings*, 42(6), pp. 791-798. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2009.11.016>
- UN-HABITAT. (2015): Issue paper on urban and spatial planning and design. *The Habitat III Issue Papers*.
- WURM, M. & SCHMITT, A. & TAUBENBÖCK, H. (2016): Building Types' Classification Using Shape-Based Features and Linear Discriminant Functions. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 9(5), pp. 1901-1912. <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2015.2465131>

## 8. Listado de Acrónimos/Siglas

CTE Código Técnico de la Edificación  
EIE Programa de Energía Inteligente para Europa

ERESEE Estrategia a largo plazo para la rehabilitación energética en el sector de la edificación en España  
GIS *Geographic Information Systems*  
OECD Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos  
SIG Sistemas de Información Geográfica