

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES ARQUITECTÓNICAS



Aproximación metodológica al análisis integrado de la sostenibilidad urbana partiendo de las tipologías constructivas

TESIS DOCTORAL

Presentada por:

Milagro Iborra Lucas

Dirigida por:

Dr. Javier Orozco Messana

Valencia, diciembre 2023



Javier Orozco Messana, Titular de Universidad y Doctor

CERTIFICA: que la presente memoria, bajo el título *“Aproximación metodológica al análisis integrado de la sostenibilidad urbana partiendo de las tipologías constructivas”*, ha sido realizada bajo mi dirección en la Universidad Politécnica de Valencia en el programa de doctorado de Arquitectura, Edificación, Urbanística y Paisaje y constituye su Tesis para optar al Grado de Doctor por la Universidad Politècnica de València.

Y para que así conste, a efectos de su presentación para optar al grado de Doctor, expido la presente que firmo en Valencia en diciembre 2023.

El director:

Javier Orozco Messana

RESUMEN

Las ciudades representan un campo de actuación muy importante en el desarrollo sostenible. En general, es conocido, que el sector residencial representa unos porcentajes elevados en cuanto a consumos totales de energía y emisiones de CO₂. El avance en el conocimiento ha demostrado que todo el parque edificado tiene un comportamiento energético poco efectivo y que puede ser mejorable, avanzando así en las nuevas directrices de mejora que se están imponiendo desde las administraciones. Así pues, ante un parque construido abundante y obsoleto, la rehabilitación es el gran potencial que puede apoyar a la mejora del cambio climático, a través de la propuesta de estrategias y escenarios de actuación sostenibles y adecuados a los entornos sociales, económicos y medioambientales correspondientes. La construcción sostenible se fundamenta en optimizar el impacto conjunto en el medio natural de las tres dimensiones fundamentales en cualquier actividad humana: medioambiente, economía y sociedad. Así pues, surge la necesidad de crear un patrón de medida que permita evaluar y cuantificar la sostenibilidad del parque construido, de forma que sea objetivo y comparable, que reduzcan la complejidad de otros estándares ya existentes.

La presente tesis desarrolla una sistemática de análisis del medio urbano en todas sus dimensiones, a partir de una parametrización de las características de las distintas tipologías constructivas. De esta forma, se está en condiciones de conocer la evolución de los sistemas urbanos partiendo de la evolución de las variables constructivas.

ABSTRACT

Cities represent a very important role in sustainable development. In general, it is well known that the residential sector represents a high percentage of total energy consumption and CO² emissions. Advances in knowledge have shown that the entire building stock has an inefficient energy performance and that it can be improved, thus advancing in the new guidelines for improvement that are being imposed by the administrations. Thus, faced with an abundant and obsolete building stock, refurbishment is the great potential that can contribute to the improvement of climate change, through the proposal of sustainable strategies and action scenarios that are appropriate to the corresponding social, economic and environmental settings. Sustainable construction is based on optimising the joint impact on the natural environment of the three fundamental dimensions of any human activity: environment, economy and society. Thus, the need arises to establish a standard of measurement to evaluate and quantify the sustainability of a building, in a way that is objective and comparable, reducing the complexity of other existing standards.

This thesis develops a systematic analysis of the urban environment in all its dimensions, based on a parameterisation of the different building typologies and their evolution. In this way, we are in a position to know the evolution of urban systems in the urban environment in all its dimensions, based on a parameterisation of the different building typologies and their evolution.

RESUM

Les ciutats representen un paper molt important en el desenvolupament sostenible. En general, és conegut que el sector residencial representa uns percentatges elevats quant a consums totals d'energia i emissions de CO². L'avenç en el coneixement ha demostrat que tot el parc edificat té un comportament energètic poc efectiu i que pot ser millorable, avançant així a les noves directrius de millora que s'estan imposant des de les administracions. Així doncs, davant d'un parc construït abundant i obsolet, la rehabilitació és el gran potencial que pot contribuir a millorar el canvi climàtic, a través de la proposta d'estratègies i escenaris d'actuació sostenibles i adequats als entorns socials, econòmics i mediambientals corresponents . La construcció sostenible es fonamenta en optimitzar l'impacte conjunt en el medi natural de les tres dimensions fonamentals en qualsevol activitat humana: medi ambient, economia i societat. Sorgeix, doncs, la necessitat d'establir un patró de mesura que permeti avaluar i quantificar la sostenibilitat d'un edifici, de manera que sigui objectiu i comparable, que redueixin la complexitat d'altres estàndards ja existents.

Aquesta tesi desenvolupa una sistemàtica anàlisi del medi urbà e totes les seves dimensions, a partir d'una parametrització de les diferents tipologies constructives i de la seva evolució. D'aquesta manera s'està en condicions de conèixer l'evolució dels sistemes urbans partint de l'evolució de les variables constructives.

AGRADECIMIENTOS

Doy gracias a todos los que han estado a mi lado en este largo camino y no han dejado de creer en mí.

INDICE

1	CAPÍTULO. INTRODUCCIÓN	1
1.1	Introducción	3
1.2	Objetivos	6
1.2.1	Objetivo general	6
1.2.2	Objetivos específicos	6
1.3	Justificación de la importancia del estudio	6
1.4	Organización del documento de tesis	7
2	CAPÍTULO. ESTADO DEL CONOCIMIENTO	9
2.1	SOSTENIBILIDAD Y SU EVALUACIÓN	11
2.1.1	Sostenibilidad y desarrollo sostenible	11
2.1.2	Marco normativo sobre sostenibilidad	14
	Edificación	14
	Entorno urbano. La ciudad. La sostenibilidad y la ciudad en el marco normativo	21
2.1.3	Evaluación de la sostenibilidad en la edificación	22
2.1.3.1.	Análisis de metodologías de evaluación de la sostenibilidad.	24
2.1.3.2.	Análisis de Herramientas de evaluación de la sostenibilidad	31
2.1.3.2.1	Nivel edificio	31
2.1.3.2.2	Nivel urbano.	36
2.1.3.3.	Nuevas metodologías aplicadas a la evaluación de la sostenibilidad. (BIM)	39
2.1.3.4.	Propuestas de marcos/modelos para la evaluación de la sostenibilidad	43
2.1.4	Conclusiones del estado del arte sobre SOSTENIBILIDAD	45
2.2	ANÁLISIS MARCO NORMATIVO CONSTRUCTIVO EN LA EDIFICACIÓN	50
2.2.1	Evolución normativa referente a las estructuras en edificios residenciales. Hormigón armado y acero estructural	52
2.2.2	Evolución normativa referente a los requerimientos energéticos en los edificios	57
2.2.3	Directrices normativas europeas. Sobre políticas públicas de rehabilitación residencial	61
2.3	TIPOLOGIAS EDIFICATORIAS o MODELOS SOSTENIBLES DE ARQUETIPOS URBANOS	64
2.3.1	Instituto Nacional de Estadística, INE, Ministerio de Vivienda.	65
2.3.2	Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía	66
2.3.3	ERESEE	70
2.3.4	EU Building Stock Observatory. European Commission	71
2.3.5	TABULA Project	72
2.3.6	EPISCOPE Project	82

2.3.7	Otras fuentes.....	84
3	CAPITULO. EXPERIMENTAL	95
3.1	INTRODUCCIÓN.....	96
3.1.1	Objeto y metodología.....	98
3.1.2	Contextualización Tesis y Justificación elección barrio	100
3.1.3	Entorno urbano. El barrio. Análisis histórico-urbanístico del barrio de Benicalap 100	
3.1.3.1.	Introducción	100
3.1.3.2.	Evolución urbana del barrio	102
3.1.3.3.	Inicios de la urbanización del barrio / de la trama urbana	102
3.1.3.4.	Benicalap en la actualidad.....	104
3.2	ESTUDIO MORFOLÓGICO DEL BARRIO	107
3.2.1	Metodología	107
3.2.2	La trama urbana y su evolución	107
3.2.3	Análisis Constructivo	111
3.2.3.1.	Introducción	111
3.2.3.2.	Metodología	112
3.2.3.3.	Resultados	112
3.2.4	Análisis sectorizado del barrio.	116
3.2.4.1.	Introducción	116
3.2.4.2.	Metodología	116
3.2.4.3.	Resultados	117
3.2.4.4.	Conclusiones	132
3.2.5	Clasificación Arquetipos Urbanos	135
3.2.5.1.	Metodología	135
3.2.5.2.	Análisis del parque edificado	135
3.2.5.3.	Conclusiones	147
3.3	ESTADO ACTUAL DEL BARRIO.	153
3.3.1	Introducción. Análisis energético.....	153
3.3.2	Metodología	159
3.3.3	Análisis energético de la envolvente.....	159
3.3.4	Estudio de ponderación en la mejora energética de la envolvente.....	169
3.4	PROPUESTAS Y ESTRATEGIAS DE MEJORA ENERGETICA Y MEDIOMBIENTAL	175
3.4.1	Introducción	175
3.4.2	Metodología	176
3.4.3	Propuestas de actuación de mejora.....	178

3.4.3.1. Aspectos constructivos y energéticos de referencia	179
3.4.3.2. Resultados de las propuestas de intervención	184
3.4.3.3. Estudio medioambiental y económico de las propuestas de mejora energética	196
3.4.3.4. Análisis de datos medioambientales y económicos de las propuestas de mejora	203
3.4.4 Estrategias de intervención y análisis multicriterio	209
3.4.4.1. Formulación estrategias:	212
3.4.4.2. Resultados estrategias	215
3.4.5 Conclusiones del análisis multicriterio de las estrategias de actuación	219
3.5 ESTUDIO DEL CASO	220
3.5.1 Introducción	220
3.5.2 Metodología	220
3.5.3 Comportamiento energético y medioambiental del edificio	221
3.6 ANALISIS URBANO	230
3.6.1 Escenarios de actuación	230
4 CAPITULO. CONCLUSIONES Y FUTUROS TRABAJOS	239
4.1 Conclusiones	241
4.2 Futuros trabajos	243
BIBLIOGRAFÍA	245
ANEXOS	

Lista de imágenes

Imagen 1.1 Organización del documento tesis

Imagen 2.1 Los tres pilares de la sostenibilidad [22]

Imagen 2.2 Comportamiento integrado del edificio [40]

Imagen 2.3 Aspectos a considerar en el diseño de una metodología de evaluación de la sostenibilidad. Elaboración propia

Imagen 2.4 Metodología de evaluación energética basada en BIM. Adaptada [68].

Imagen 2.5 Flujo de trabajo BIM aplicado a la evaluación de la sostenibilidad. Adaptada [69].

Imagen 2.6 Metodología para caracterización de tipologías urbanas [76]

Imagen 2.7 Estructura reglamentación CTE [77].

Imagen 2.8 Evolución normativa-calificación energética de los edificios [83]

Imagen 2.9 Valores de transmitancias térmicas según actualización normativas. Elaboración propia

Imagen 2.10 Valores transmitancias ($U_{l,m}$) comparativa CTE/PH. Elaboración propia

Imagen 2.11 Valores transmitancias térmicas según etapas constructivas. Elaboración propia

Imagen 2.12 Censo edificios. Fuente de datos INE. Elaboración propia

Imagen 2.13 Viviendas totales, secundarias y vacías según Censo. Elaboración propia.

Imagen 2.14 Fichas informativas Tipologías edificatorias. IDEA [95].

Imagen 2.15 Sistemas constructivos viables (IDAE) [95].

Imagen 2.16 Matriz de clústeres de vivienda por volumetría [89].

Imagen 2.17 Diagrama de resultados de la plataforma BSO [97]

Imagen 2.18 Representación tipologías edificatorias herramienta WebTool [100]

Imagen 2.19 Entorno de la herramienta renueva [104].

Imagen 2.20 Caracterización temporal de los Sistemas constructivos en edificios residenciales [58].

Imagen 2.21 Matriz de tipologías edificatorias [58].

Imagen 2.22 Caracterización urbana por escalas [58]

Imagen 2.23 Identificación de clases de edificios [58].

Imagen 2.24 Modelo integrado par la caracterización de patrones urbanos [92].

Imagen 2.25 Representación mediante georreferenciación (GIS) de resultados [92].

Imagen 2.26 Modelo de representación de patrones urbanos [109].

Imagen 2.27 Escenario hipotético de rehabilitación energética de patrón urbano [109].

Imagen 1.1 Flujo de trabajo de la Fase Experimental de la Tesis. Elaboración propia.

Imagen 1.2 Mapa de distritos de Valencia (izda). Distrito de Benicalap (dcha) [103]

Imagen 1.3 Distritos urbanos de la ciudad de Valencia (izda). Benicalap y Ciutat Fallera (dcha.) [116]

Imagen 1.4 Benicalap 1956 (izda). Benicalap 2023 (dcha). Elaboración propia

Imagen 1.5 Imagen real del estado actual del barrio. Elaboración propia

Imagen 1.6 Sectorización del barrio de Benicalap [114].

Imagen 1.7 Estructura metodológica para la evaluación de la sostenibilidad del barrio.
Elaboración propia

Imagen 1.8 Análisis bienes inmuebles en Benicalap año 2022. Elaboración propia.

Imagen 1.9 Ajuntament de València. Geoportal

<https://geoportal.valencia.es/apps/GeoportalHome/es/inicio/historico-valencia> 1929 (izda.)-
1956 (dcha.)Elaboración propia

Imagen 1.10 Ajuntament de València. Geoportal

<https://geoportal.valencia.es/apps/GeoportalHome/es/inicio/historico-valencia> 1980 (izda.)-
actualidad (dcha.)Elaboración propia

Imagen 1.11 Superposición imagen actual y huella urbana de 1929. Elaboración propia.

Imagen 1.102 Detalles constructivos construcción vernácula (Fornielles)

Imagen 1.13 Esquemas constructivos Cubierta, Fachada, Carpintería, Forjado. Fuente TABULA [108]

Imagen 1.114 Esquemas constructivos Cubierta, Fachada, Carpintería, Forjado. Fuente TABULA [108]

Imagen 1.125 Detalles constructivos Cubierta, Fachada, Carpintería, Forjado. Fuente TABULA [108]

Imagen 1.1136 Detalles constructivos Cubierta, Forjados, Fachada, Carpintería. Fuente TABULA [108]

Imagen 1.147 Detalles constructivos Cubierta, Fachada, Carpintería, Forjado. Fuente TABULA [108].

Imagen 1.158 Detalles constructivos Cubierta, , Fachada, Carpintería, Forjado. Fuente TABULA [108]

Imagen 1.169 Sectorización según evolución trama urbana. Elaboración propia

Imagen 1.20 Análisis urbano Sector 1 barrio Benicalap. Elaboración propia

Imagen 1.21 Análisis urbano y gráfico de % de incidencia Sector 1. Elaboración propia

Imagen 1.22 Análisis urbano Sector 2 barrio Benicalap. Elaboración propia

Imagen 1.23 Análisis urbano y gráfico de % de incidencia Sector 2. Elaboración propia

Imagen 1.24 Análisis urbano Sub-S 2.1 y Sub-S 2.2. Elaboración propia

Imagen 1.25 Análisis urbano y gráfico de % de incidencia Sub-Sector 2.1. Elaboración propia

Imagen 1.26 Análisis urbano y gráfico de % de incidencia Sub-Sector 2.2. Elaboración propia

Imagen 1.177 Análisis urbano Sector 3. Elaboración propia

Imagen 1.188 Análisis urbano y gráfico de % de incidencia Sector 3. Elaboración propia

Imagen 1.199 Análisis urbano Sub-Sectores 3. Elaboración propia

Imagen 1.30 Análisis urbano Sector 4. Elaboración propia

Imagen 1.31 Análisis urbano y gráfico de % de incidencia Sector 4. Elaboración propia

Imagen 1.32 Sectorización barrio Benicalap con el Sistema de Información Geográfica (SIG) QGIS. Elaboración propia

Imagen 1.33 Representatividad edificatoria por etapas constructivas. Elaboración propia

Imagen 1.34 Edificación según Sectores y Etapas Constructivas. Elaboración propia

Imagen 1.35 Análisis urbano del barrio por sectores y subsectores. Elaboración propia

Imagen 1.36 Distribución de las edificaciones del barrio según número de plantas. Elaboración propia

Imagen 1.37 Distribución de las edificaciones del barrio según número de plantas/Sector. Elaboración propia

Imagen 1.38 Distribución edificatoria para todas las etapas constructivas. Elaboración propia

Imagen 1.209 Datos Arquetipo Urbano UF-T1 y UF-T2. Elaboración propia

Imagen 1.40 Datos Arquetipo Urbano UF-T3 y UF-T4. Elaboración propia

Imagen 1.41 Datos Arquetipo Urbano UF-T5y UF-T6. Elaboración propia

Imagen 1.42 Datos Arquetipo Urbano UF-T7y UF-T8. Elaboración propia

Imagen 1.43 Datos Arquetipo Urbano UF-T9y UF-T10. Elaboración propia

Imagen 1.44 Datos Arquetipo Urbano UF-T11y UF-T12. Elaboración propia

Imagen 1.45 Datos Arquetipo Urbano UF-T13 y UF-T14. Elaboración propia

Imagen 1.4216 Datos Arquetipo Urbano UF-T15y NR-T16. Elaboración propia

Imagen 1.47 Distribución de las tres 4 tipologías urbanas UF-MF-BA-NR en el barrio Benicalap con el Sistema de Información Geográfica (SIG) QGIS. Elaboración propia

Imagen 1.48 Incidencia de los Arquetipos Urbanos. Elaboración propia

Imagen 1.49 Distribución de los Arquetipos Urbanos por Sectores y Subsectores. Elaboración propia

Imagen 1.50 Distribución de los Arquetipos Urbanos por Sectores y Subsectores. Elaboración propia

Imagen 1.51 Incidencia Arquetipos en Sector 1. Sistema de Información Geográfica (SIG) QGIS. Elaboración propia

Imagen 1.52 Incidencia Arquetipos en Sector 2. Sistema de Información Geográfica (SIG) QGIS. Elaboración propia

Imagen 1.53 Incidencia Arquetipos en Sector 4 Sistema de Información Geográfica (SIG) QGIS. Elaboración propia

Imagen 1.54 Incidencia Arquetipos en Sector 3.1. Sistema de Información Geográfica (SIG) QGIS. Elaboración propia

Imagen 1.55 Incidencia Arquetipos en Sector 3.2 Sistema de Información Geográfica (SIG) QGIS. Elaboración propia

Imagen 1.56 Incidencia de todos los Arquetipo Urbanos. Sistema de Información Geográfica (SIG) QGIS. Elaboración propia

Imagen 1.57 (a) Inmuebles según etapas constructivas. (b) Incidencia de CEE por año. https://www.valencia.es/estadistica/inf_dtba/2022/Districte_16.pdf. Elaboración propia

Imagen 1.58 Consumos energéticos Registro de Certificación Energética de Edificios-IVACE Energía. (<https://gceedadesobertes.aven.es/dadesobertes/>). Elaboración propia

Imagen 1.59 Emisiones CO2 Registro de Certificación Energética de Edificios-IVACE Energía. (<https://gceedadesobertes.aven.es/dadesobertes/>). Elaboración propia

Imagen 1.60 Visor Cartográfico CEE15 <https://visor.gva.es/visor/> [110] [111]

Imagen 1.61 Visor Cartográfico CEE15 https://visor.gva.es/visor/?capas=spa_icv_indus_certificados_energ%C3%A9ticos [110][111]

Imagen 1.62 Resultado de la Calificación Energética de viviendas según Etapa constructiva (Registro de Certificación Energética de Edificios-IVACE Energía). Elaboración propia

Imagen 1.63 Porcentaje de Calificaciones Energéticas realizadas de viviendas según Etapa constructiva (Registro de Certificación Energética de Edificios-IVACE Energía). Elaboración propia

Imagen 1.64 Estudio energético de la envolvente. Tipologías UF_T1 y UF_T2. Elaboración propia

Imagen 1.225 Estudio energético de la envolvente. Tipologías UF_T3 y UF_T4. Elaboración propia

Imagen 1.66 Estudio energético de la envolvente. Tipologías MF_T5 y BA_T6. Elaboración propia

Imagen 1.67 Estudio energético de la envolvente. Tipologías UF_T7 y MF_T8. Elaboración propia

Imagen 1.68 Estudio energético de la envolvente. Tipologías BA_T9 y UF_T10. Elaboración propia

Imagen 1.69 Estudio energético de la envolvente. Tipologías MF_T11 y BA_T12. Elaboración propia

Imagen 1.70 Estudio energético de la envolvente. Tipologías UF_T13 y MF_T14. Elaboración propia

Imagen 1.71 Estudio energético de la envolvente. Tipologías BA_T15. Elaboración propia

Imagen 1.72 Valores de transmitancias térmicas etapas constructivas/ envolvente. Elaboración propia

Imagen 1.73 Modelo 1. Orientación Este-Oeste

Imagen 1.74 Modelo 2. Orientación Norte-Sur

Imagen 1.75 Resultados Calificación Energética. Elaboración propia

Imagen 1.76 Reducciones Emisiones y Energía según elemento mejorado. Elaboración propia

Imagen 1.77 Ponderación estrategias. Elaboración propia

Imagen 1.78 Reducciones Consumos/Emisiones según elemento mejorado. Elaboración propia

Imagen 1.79 Estudio de tiempos de rehabilitación del parque residencial español [114]

Imagen 1.80 Metodología propuestas y estrategias de mejora energética y medioambiental en el barrio. Elaboración propia

Imagen 1.81 Tipos funcionales de Cubiertas Planas según Hispalyt/Catálogo de soluciones cerámicas para el cumplimiento CTE. Adaptada [116]

Imagen 1.82 Tipos funcionales de Cubiertas Inclclinadas según Hispalyt/Catálogo de soluciones cerámicas para el cumplimiento CTE. Adaptada [116]

Imagen 1.83 Tipos funcionales de Fachadas según Catálogo de soluciones cerámicas para el cumplimiento CTE. Adaptada [116]

Imagen 1.83 Ficha Tipo 1. Análisis energético Estado actual UF-T1_PRE1900. Elaboración propia

Imagen 1.84 Ficha Tipo 2. Propuestas de intervención en cubiertas. Elaboración propia

Imagen 1.85 Ficha Tipo 3 Propuestas de intervención en fachadas en UF_T1_PRE1900.
Elaboración propia

Imagen 1.8236 Ficha Tipo 3 Propuestas de intervención en fachadas en UF_T1_PRE1900.
Elaboración propia

Imagen 1.87 Ficha Tipo 3 Propuestas de intervención en fachadas en UF_T1_PRE1900.
Elaboración propia

Imagen 1.88 Ficha Tipo 4. Propuestas de intervención en carpintería en UF_T1_PRE1900.
Elaboración propia

Imagen 1.249 Indicadores medioambientales para las propuestas de CUBIERTAS INCLINADAS.
Elaboración propia

Imagen 1.90 Indicadores de residuos y de costes para las propuestas de cubiertas inclinadas.
Elaboración propia

Imagen 1.91 Indicadores medioambientales para las propuestas de cubiertas planas.
Elaboración propia

Imagen 1.92 Indicadores medioambientales, de residuos y costes para las propuestas de cubiertas planas. Elaboración propia

Imagen 1.93 Indicadores medioambientales para las propuestas de fachadas. Elaboración propia

Imagen 1.94 Indicadores medioambientales, residuos, consumo agua y costes para las propuestas de fachadas. Elaboración propia

Imagen 1.95 Emplazamiento y alzado del edificio sito en C/Cora Raga. Google maps

Imagen 1.96 Modelo Cypetherm. Arquetipo Urbano BA_T9_60-79.

Imagen 1.97 Reducciones en emisiones, consumos y calefacción según estrategias. Elaboración propia

Imagen 1.98 Indicadores ACV, GWP y PERNRT, según estrategia adoptada. Elaboración propia

Imagen 1.99 Indicadores ACV, PERT y Coste, según estrategia adoptada. Elaboración propia

Imagen 1.100 Análisis Costes y Potencial de calentamiento global (GWP). Elaboración propia

Imagen 1.101 Incidencia del elemento envolvente sobre la estrategia. Elaboración propia

Imagen 1.102 Metodología de evaluación de la sostenibilidad. Elaboración propia.

Imagen 1.103 Análisis estrategias GWP BA-T9-60/79. Elaboración propia

Imagen 1.104 Grado de incidencia de los elementos de la envolvente. % Huecos. Elaboración propia

Imagen 1.105 Grado de incidencia de los elementos de la envolvente. M2 Fachada y Cubierta. Elaboración propia

Imagen 1.106 Resultados de aplicación de las estrategias optimas. Elaboración propia

Lista de tablas

Tabla 2.1 Relación de normativa relacionada con la evaluación medioambiental. Adaptada [37]

Tabla 2.2 Normativa sobre evaluación de la sostenibilidad. Adaptada [40]

Tabla 2.3 Herramientas de evaluación medioambiental. Adaptada [48].

Tabla 2.4 Niveles de herramientas de evaluación. Adaptada [60].

Tabla 2.5 Método de puntuación de evaluación BREEAM. Adaptada [7].

Tabla 2.6 Método de puntuación de evaluación LEED. Adaptada [6].

Tabla 2.7 Relación de indicadores de estudio en la evaluación SBTool. Adaptada [66].

Tabla 2.8 Marco de evaluación de la sostenibilidad basado en ACV. Adaptada [75].

Tabla 2.9 Normas, Instrucciones y Documentos relevantes sobre Hormigón Estructural en España. Elaboración propia

Tabla 2.10 Normas, Instrucciones y Documentos relevantes sobre Acero Estructural, España. Elaboración propia

Tabla 2.11 Cronología actualizaciones CTE. Elaboración propia

Tabla 2.12 Comparativo requerimientos energéticos CTE-PH. Elaboración propia

Tabla 2.13 Clasificación tipológica IDEA. Adaptada [95].

Tabla 2.14 Distribución tipológica por periodos y plantas IDEA. Adaptada [95].

Tabla 2.15 Viabilidad de soluciones constructivas según periodo constructivo (IDAE). Tabla adaptada [95]

Tabla 2.16 Matriz de definición de los clústeres de vivienda [89]

Tabla 2.17 Valores de transmitancias térmicas (U). Elaboración propia [81]

Tabla 2.18 Tipologías edificatorias resultantes según análisis [58].

Tabla 2.19 Valores de transmitancias térmicas en carpinterías según periodos. Tabla adaptada [107].

Tabla 2.20 Valores de transmitancias térmicas en vidrios según periodos. Tabla adaptada [107].

Tabla 1.1 Distribución arquetipos urbanos según etapa constructiva/alturas edificadas. Elaboración propia

Tabla 1.2 Valores de Transmitancias (U_{W/m^2K}). Elaboración propia

Tabla 1.3 Transmitancia térmica en sistemas de cubierta plana según el Catálogo EC-CTE. Elaboración propia

Tabla 1.4 Sistemas de Fachadas según el Catálogo de Elementos Constructivos CTE. Elaboración propia

Tabla 1.5 Transmitancias (U) de Sistemas de Fachadas según el Catálogo de Elementos Constructivos CTE. Elaboración propia

Tabla 3.6 Descripción de la codificación adoptada. Elaboración propia.

Tabla 1.7 Cuadro resumen de asignación de propuestas y transmitancias (U) según arquetipos. Elaboración propia

Tabla 1.8 Cuadro resumen de asignación de propuestas y transmitancias (U) según arquetipos. Elaboración propia

Tabla 1.9 Propuestas de mejora energética resultantes. Elaboración propia.

Tabla 1.10 Datos de precio y residuos totales a partir del generador de precios Cype. Elaboración propia.

Tabla 1.11 Datos ACV a partir del generador de precios Cype. Elaboración propia.

Tabla 1.12 Datos ACV a partir del generador de precios Cype. Elaboración propia.

Tabla 1.13 Propuestas de mejora Valores energéticos, medioambientales y económicos. Bloque 1-Bloque 2 Elaboración propia

Tabla 1.14 Propuestas de mejora Valores energéticos, medioambientales y económicos. Bloque 3-Bloque 4 Elaboración propia

Tabla 1.15 Propuestas de mejora Valores energéticos, medioambientales y económicos. Bloque 5-Bloque 6 Elaboración propia

Tabla 1.16 Propuestas de mejora energética para los Arquetipos Urbanos

Tabla 1.17 Bloques de información de propuestas e Indicadores. Elaboración propia

Tabla 1.18 Planteamiento de las combinaciones a partir de las propuestas de mejora. Elaboración propia

Tabla 1.19 Listado combinatorio de estrategias. Elaboración propia

Tabla 1.20 Cuantificación de las estrategias. Elaboración propia

Tabla 1.21 Relación de estrategias cuantificadas y optimizadas. Elaboración propia

Tabla 1.22 Estrategias optimizadas considerando indicadores medioambientales. Elaboración propia

Tabla 1.23 Estrategias optimizadas considerando indicadores medioambientales y energéticos. Elaboración propia

Tabla 1.24 Estrategias optimizadas considerando indicadores medioambientales y costes. Elaboración propia

Tabla 1.25 Estrategias optimizadas considerando indicadores energéticos, medioambientales y costes. Elaboración propia

Tabla 1.26 Relación de estrategias de intervención. Elaboración propia

Tabla 1.27 Resultados de certificación energética para las estrategias indicadas. Elaboración propia

Tabla 1.28 Valores de indicadores energéticos y medioambientales según estrategias. Elaboración propia

Tabla 1.29 Escenario 1. Propuesta de actuación según GTR [126]

Tabla 1.30 Su1_Escenario 1. Propuesta de actuación según GTR. Elaboración propia.

Tabla 1.314 Escenario de mejora energética de los AU BA-T9-60/79. Elaboración propia

Tabla 1.32 Valores GWP según estrategias optimizadas BA-T9-60/79. Elaboración propia

Tabla 1.33 Datos geométricos de los Arquetipos Urbanos. Elaboración propia

Tabla 1.34 Valores de los indicadores medioambientales para las propuestas óptimas. Elaboración propia

Tabla 1.35 Estrategias optimas según indicadores medioambientales. Elaboración propia

Lista de Publicaciones y Proyectos

La realización de la presente tesis ha derivado en dos publicaciones en revistas indexadas y en la colaboración en un proyecto de investigación.

Publicación 1:

- Revista: Sustainability
- Clasificación: JCR-Q2 (Estudios Ambientales) / CiteScore (Geografía, Planificación y Desarrollo)
- Factor de impacto: 3.9 (2022); Factor de impacto a 5 años: 4.0 (2022)
- Artículo: Orozco-Messana, J.; Iborra-Lucas, M.; Calabuig-Moreno, R. Neighbourhood Modelling for Urban Sustainability Assessment. Sustainability 2021, 13, 4654. <https://doi.org/10.3390/su13094654>

Publicación 2:

- Revista: Buildings
- Clasificación: JCR-Q2 (Ingeniería Civil) / CiteScore – Q1 (Arquitectura)
- Factor de impacto: 3.8 (2022); Factor de impacto a 5 años: 3.8 (2022)
- Artículo: Orozco-Messana, J.; Iborra-Lucas, M.; Calabuig-Moreno, R. Combined Greening Strategies for Improved Results on Carbon-Neutral Urban Policies. Buildings 2022, 12, 894. <https://doi.org/10.3390/buildings12070894>

Proyecto 1:

- Proyecto: “Grow Green”, Contract Number 730283-2 Proyecto H2020-SCC-2016-2017.
- Título del Proyecto: GREEN CITIES FOR CLIMATE AND WATER RESILIENCE, SUSTAINABLE ECONOMIC GROWTH, HEALTHY CITIZENS AND ENVIRONMENTS.
- Entidad financiadora: COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS
- Entidad participante: Universitat Politècnica de València
- Duración: desde 01/01/2018 hasta 30/11/2022
- Cuantía de la subvención: 831.125,00 euros

1 CAPÍTULO. INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción

El cambio climático es un fenómeno global que está afectando a nivel mundial, es por ello por lo que las administraciones, a escala internacional, se han propuesto actuar en concordancia. Desde 1992, año en el que se adopta el acuerdo Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático [1], se han ido desarrollando negociaciones en décadas posteriores con el objeto de concretar objetivos y compromisos específicos para evitar decisiones peligrosas en los aspectos relacionados con el sistema climático. Con el Acuerdo de París (2), tratado internacional sobre el cambio climático, se resuelven limitaciones planteadas en negociaciones anteriores, como el Protocolo de Kyoto [3], estableciendo objetivos de descenso de emisiones de Gases Efecto Invernadero, GEI, con carácter obligatorio, a todos los países según sus capacidades, y no solo a un conjunto de países desarrollados como planteaba el Protocolo.

El Acuerdo de París establece un marco global, cuya implementación se relaciona con todas las actividades humanas y está guiado por los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), planteados en La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible [4]. Los 17 ODS plantean 169 metas de carácter integrado que abarcan las tres dimensiones de la sostenibilidad, la económica, la social y la ambiental y establecen el escenario para el desarrollo sostenible, configurando todas las políticas relacionadas con la acción climática.

La vigilancia de las emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) involucra necesariamente a las ciudades, como responsables de un alto porcentaje de las emisiones de CO₂. El objetivo ODS 11 (Ciudades y Comunidades Sostenibles) y el objetivo ODS 13 (Acción por el Clima) están claramente implicados, se trata de conocer adecuadamente la implicación de las ciudades en ello. Así pues, en este contexto de compromiso frente al cambio climático, se plantea la presente tesis.

Para la Unión Europea, está claro que las ciudades representan un papel muy importante en el desarrollo sostenible, el 40% del consumo total de energía en la Unión corresponde a los edificios, además se prevé un incremento de ese consumo, dado que se trata de un sector en crecimiento. Así pues, la reducción de la dependencia energética y de las emisiones de gases efecto invernadero, pasará por una reducción del consumo de energía y un incremento del uso de energía procedente de fuentes renovables [5]. El avance en el conocimiento ha demostrado que todo el parque edificado tiene un comportamiento energético poco efectivo y que debe ser mejorado, avanzando así en las nuevas directrices de mejora que se están imponiendo desde las administraciones. Por lo tanto, ante un parque construido abundante y obsoleto, la rehabilitación es el gran potencial que puede apoyar a la mejora del cambio climático, a través de la propuesta de estrategias y escenarios de actuación sostenibles y adecuados a los entornos sociales, económicos y medioambientales correspondientes.

La construcción sostenible se fundamenta en optimizar el impacto conjunto en el medio natural de las tres dimensiones fundamentales en cualquier actividad humana: medioambiente, economía y sociedad. Así pues, surge la necesidad de crear un patrón de medida tal que permita evaluar y cuantificar la sostenibilidad en la edificación, de forma que sea objetivo y comparable, que reduzca la complejidad de otros estándares ya existentes, como LEED [6] o BREEAM [7], por nombrar a los más reconocidos o incluso que incrementen su alcance incluyendo otros objetos de evaluación (TICs, Tecnologías de la Información y Comunicación, ACV, costes, etc.).

La presente tesis desarrolla una sistemática de análisis del medio urbano en todas sus dimensiones, a partir de una parametrización de las distintas tipologías edificatorias según su etapa de construcción. De esta forma, se está en condiciones de conocer el avance de los sistemas urbanos partiendo de la evolución de las variables constructivas.

Para ello deben desarrollarse modelos de evaluación, que englobados dentro de un marco estructural lo más amplio posible, permita optimizar la evolución de las dimensiones fundamentales, medidas a través de indicadores clave y partiendo de las actuaciones sobre la edificación. La construcción sostenible se podrá hacer realidad controlando el ciclo de vida de la edificación.

Todas las ciudades se enfrentan a riesgos, y además crecientes, como consecuencia del cambio climático. La sostenibilidad a largo plazo en el medio se ve amenazada cuando el desarrollo y crecimiento urbano no lleva asociado un estudio en profundidad del impacto medio ambiental, social y económico. De ahí, el compromiso de encontrar soluciones rentables que aborden los efectos del cambio, así como otros desafíos urbanos que sean capaces de cumplir los retos establecidos.

Los ámbitos poblacionales en declive requieren de intervenciones que respondan a necesidades actuales de mejora del entorno construido. La regeneración urbana es uno de los temas de creciente interés en el ámbito de la investigación, siendo además la base para evaluar la sostenibilidad de los entornos urbanos [8]. Así pues, a la hora de afrontar retos urbanos del mañana, es un factor primordial y crucial estudiar y analizar la morfología urbana, así como los indicadores asociados, de forma que puedan utilizarse para desarrollar una metodología de mejora de su sostenibilidad. Algunos estudios avalan que, actualmente, los enfoques principales de investigación relacionados con la sostenibilidad se agrupan en tres categorías principales, siendo, la evaluación de la sostenibilidad, la gestión de proyectos para la sostenibilidad y la impulsión de la construcción sostenible [9].

Las agendas urbanas en desarrollo de los países más avanzados se basan en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (en particular en el ODS 11 Ciudades y Comunidades Sostenibles), dentro de los también conocidos como Objetivos Globales, adoptados por las Naciones Unidas en 2015 [10]. Cuando se lleva a cabo la evaluación o el desarrollo en sí mismo de la sostenibilidad en las ciudades en su integridad, las políticas urbanas deben considerar adecuadamente la escala de estudio, dado que una ciudad no puede contribuir en su totalidad a la sostenibilidad si sus estructuras no son sostenibles. En los últimos años, la investigación dirige sus esfuerzos en el estudio de la sostenibilidad a la escala de vecindario, barrio o distritos, como elementos de un rompecabezas urbano y cuya dimensión es más adecuada para abordar el desarrollo urbano sostenible. Desde los primeros años del inicio del S.XXI, se han comenzado a diseñar herramientas para la evaluación de la sostenibilidad a escala barrio y muchos países están utilizando dichas herramientas para acercarse a los objetivos de desarrollo sostenible (ODS)[11].

Las primeras generaciones de herramientas de evaluación de impacto ambiental a escala de proyecto se iniciaron en los EEUU en 1969, con el objeto de abordar la creciente presión sobre el medio ambiente, tras la transformación económica y social del S.XX, que se aceleró tras la Segunda Guerra Mundial [12]. Posteriormente le sucedieron otra generación de herramientas de evaluación urbana a nivel regional e incluso a nivel edificio, pero no tantas a nivel intermedio,

como son los barrios o distritos urbanos [11]. Así pues, una simple ciudad no puede contribuir a su sostenibilidad si sus propios componentes no son sostenibles, como argumenta C. Choguill [13], entendiendo pues por sus componentes, los barrios y edificios que bajo proyectos de mejora de su sostenibilidad confluirán en ciudades preparadas para afrontar un futuro con recursos más limitados. En base a este enfoque, es hacia donde se están dirigiendo, en los últimos años, el desarrollo de nuevos marcos y herramientas de evaluación para entornos urbanos, barrios [14], considerando ello un avance hacia el cumplimiento de la Agenda 21, [15]

El mayor desafío a la hora de desarrollar herramientas y métodos de evaluación correspondientes, radica en cómo gestionar el flujo de información entre los distintos niveles de indicadores en los que debe basarse la práctica y los repositorios existentes. En el marco de la edificación, se ha acrecentado la aparición de herramientas de certificación, ampliamente utilizadas en las Declaraciones Ambientales de Productos (DAPs, EPD), basadas en el Análisis de Ciclo de Vida (ACV, LCA), con la obtención de la evaluación de la huella de carbono (HC), entre otros impactos. La evaluación a nivel de componentes del edificio o bien de edificios por separado no es suficiente para evaluar la sostenibilidad a mayor escala, así pues, se han desarrollado herramientas de evaluación de comunidades urbanas reconocidas internacionalmente, BREEAM *Communities*, CASBEE para *Urban Development* y LEED para *Neighborhood Development*. Los promotores inmobiliarios, así como los inversores y autoridades, han incrementado su interés por estos sistemas de certificación, como elemento diferenciador de calidad, además de que su obtención permite comparaciones entre áreas urbanas y apoyo a la toma de decisiones, beneficiándose autoridades, urbanistas, diseñadores, en definitiva, todos los agentes involucrados, y además favoreciendo políticas colaborativas en favor de una mayor sostenibilidad [16]. El análisis de ciclo de vida (ACV) de los edificios es una metodología que va creciendo constantemente su interés en la industria de la construcción, como método fiable para valorar los impactos medioambientales de la edificación a lo largo de todo su ciclo de vida.

Está demostrada la idoneidad del análisis de ciclo de vida (ACV) como herramienta metodológica para estudiar el impacto ambiental a lo largo del ciclo de vida de un producto, de un proceso o actividad, desde su origen hasta que termina siendo un residuo. No obstante, cuando entramos en el ámbito de la construcción de edificios, observamos que dicha metodología es compleja, requieren expertos en el manejo de herramientas específicas, por lo que resulta difícil evaluar la sostenibilidad medioambiental de forma adecuada. Esta tesis pretende aportar una metodología en la que se pueda acometer una evaluación de la sostenibilidad utilizando herramientas habituales en el desarrollo de proyectos de construcción de edificios.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

El objetivo general de la presente tesis es hacer un análisis de los aspectos más relevantes sobre la evaluación de la sostenibilidad en edificación y de los distintos procedimientos o sistemas existentes, para posteriormente hacer una propuesta que, basándose en parámetros normativos, valore la sostenibilidad en edificación de forma optimizada. Para ello el proyecto desarrollará una metodología en la que llevar a cabo la sistemática de optimización basada en el análisis de ciclo de vida, para poder evaluar, de forma ponderada, la repercusión de la intervención constructiva de mejora en la sostenibilidad urbana, integrando todos los impactos en las distintas capas que definen la sostenibilidad.

1.2.2 Objetivos específicos

Para alcanzar el objetivo general, se proponen los siguientes objetivos específicos:

- Analizar el marco normativo relacionado con la sostenibilidad en la edificación.
- Analizar las herramientas y metodologías existentes en la normativa y literatura científica actual que evalúan la sostenibilidad en la edificación.
- En base al análisis anterior establecer un marco de valoración de la sostenibilidad de la edificación partiendo de las tipologías constructivas.
- Parametrizar los elementos básicos que definen una tipología constructiva como base de un modelo que evalúe el comportamiento del medio urbano.
- Acorde al marco estructural establecido, integrar el modelo anterior en un procedimiento que permita optimizar la toma de decisiones técnicas para conseguir un desarrollo urbano sostenible de acuerdo con el marco teórico definido.

1.3 Justificación de la importancia del estudio

Existen métodos de evaluación sostenible de la edificación residencial que determinan el rendimiento del edificio, y por tanto su sostenibilidad, en función de parámetros principalmente medioambientales. La evaluación de un edificio implica medir lo bien o mal que se comporta en relación con un conjunto de criterios establecidos. Las metodologías de evaluación de la sostenibilidad existentes, no siempre se expresan con transparencia sobre como llevan a cabo la evaluación y la interrelación entre las dimensiones de la sostenibilidad. Además, precisan del uso de herramientas complejas y poco habituales en el ámbito arquitectónico. Así pues, la presente tesis plantea un procedimiento para optimizar resultados que valoren la sostenibilidad al mismo tiempo que se interrelacionan las dimensiones, para el caso concreto de la rehabilitación o mejora del comportamiento energético de los edificios, empleando para ello herramientas habituales en el desarrollo de proyectos arquitectónicos, de manera que faciliten el proceso de evaluación.

1.4 Organización del documento de tesis

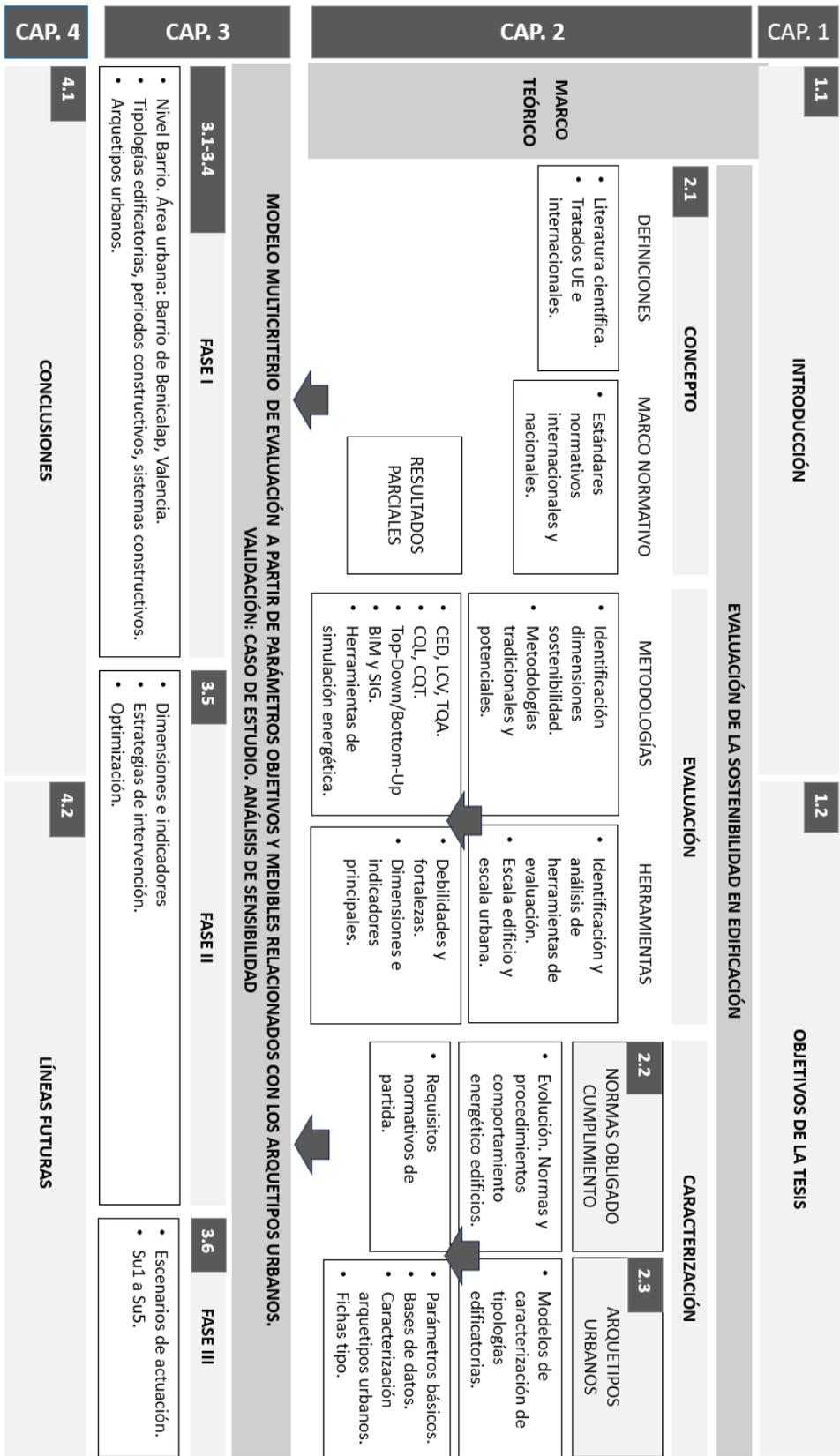


Imagen 1.1 Organización del documento tesis

2 CAPÍTULO. ESTADO DEL CONOCIMIENTO

2.1 SOSTENIBILIDAD Y SU EVALUACIÓN

Para poder contextualizar y justificar adecuadamente los objetivos planteados en la tesis, es necesario realizar una revisión del estado del conocimiento de los principales aspectos que se tratan. Para ello se analizará el significado de sostenibilidad en general y en el campo de la edificación en particular, así como los enfoques metodológicos principales y herramientas para su evaluación desarrollados en el ámbito científico. Se determinarán todas las capas que definen la sostenibilidad [17]. Además, se realizará una revisión del marco legislativo relacionado con los tres aspectos principales de la sostenibilidad, la medioambiental, social y económica del marco normativo relacionado con la edificación. Este análisis histórico-normativo, justificará la evolución constructiva sufrida en el entorno urbano en el que se requiere evaluar la sostenibilidad. Se llevará a cabo una revisión sobre los criterios de tipificación edificatoria realizados en estudios relacionados con la evaluación de entornos urbanos desde distintos puntos de vista, en su mayoría con la evaluación energética.

2.1.1 Sostenibilidad y desarrollo sostenible

La sostenibilidad y el desarrollo sostenible exigen aunar conceptos relacionados con lo económico (económicamente viable), social (socialmente equitativo) y ecológico (respetable con el medioambiente), designado también como la teoría de las tres dimensiones, dimensiones interdependientes para alcanzar la sostenibilidad a través de la promoción de nuevos planeamientos de gestión, políticos, etc. [18]. La sostenibilidad requiere, al mismo tiempo, tener en cuenta tanto aspectos locales como globales y como se relacionan mutuamente.

Aunque no existe un consenso claro en las definiciones o interpretaciones de sostenibilidad y desarrollo sostenible, sí coincide mayoritariamente la bibliografía en que, para llegar a ello, las acciones que se lleven a cabo, así como sus políticas, deberán respetar el medioambiente y ser socialmente equilibradas para alcanzar el crecimiento económico. En el Consejo Europeo de Gotemburgo de 2001, su presidenta Nicole Fontaine recalca “la voluntad de la Unión Europea a favor de un desarrollo sostenible, cuyas tres dimensiones, la económica, la social y la medioambiental, son indisociables” [19]. La sostenibilidad es un atributo de los sistemas, que están abiertos a interacciones con su mundo externo, no siendo un estado fijo, sino la preservación dinámica de la identidad esencial del sistema en medio de cambios permanentes. El desarrollo sostenible implica cambio, mejora, transformación, ya sea del sistema mismo o parte de él; es un proceso de cambio direccional, mediante el cual el sistema mejora de manera sostenible a través del tiempo [20].

La sostenibilidad trata de combinar el crecimiento económico y el progreso social al mismo tiempo, con el objeto de satisfacer las necesidades actuales, y también la combinación del progreso social con la protección al medioambiente para satisfacer las necesidades futuras [21]. Estas interrelaciones dan lugar a los tres pilares de la sostenibilidad, según se muestra en la Imagen 2.1. En el contexto de la edificación, exige eficiencia y eficacia, definido como la relación entre el confort conseguido y el impacto ambiental causado para alcanzarlo [22], [23].

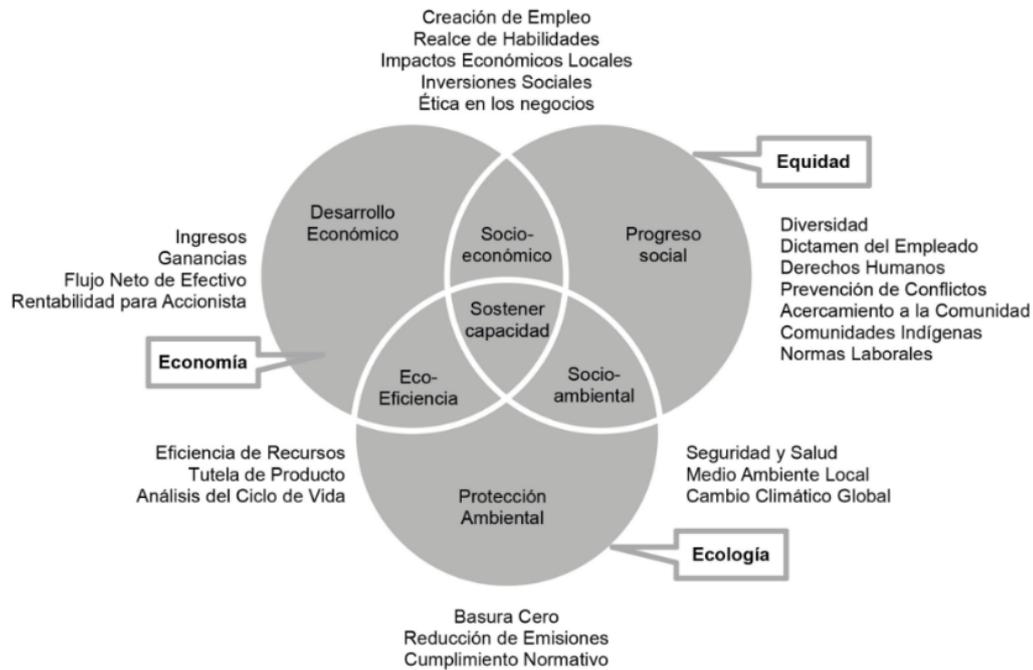


Imagen 2.1 Los tres pilares de la sostenibilidad [22]

Podríamos decir que la definición general y más citada por la comunidad científica del término *desarrollo sostenible*, y donde aparece por primera vez el término de forma oficial, es en la propuesta por la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo o también conocida como Comisión Brundtland (coordinado por Gro Harlem Brundtland, 1987 en el marco de las Naciones Unidas), en su Informe de la Asamblea General de las Naciones Unidas, titulado *“Nuestro Futuro Común”*. Esta Comisión definió el desarrollo sostenible como el *“desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer las propias”* [19]. A partir de aquí empezaron a asentarse los principios básicos de lo que se empezaría a denominar desarrollo sostenible. En líneas generales podemos decir que, los principios básicos sobre los que se basa el concepto de sostenibilidad desde el Informe Brundtland son, consumir aquellos recursos que no son renovables por debajo de su tasa de sustitución; tener un consumo de los recursos que sean renovables por debajo de su tasa de regeneración; que el vertido de los residuos sea, tanto en composición como en cantidad, asimilado por parte del sistema natural; mantener la biodiversidad y que la equidad redistributiva de las plusvalías esté garantizada. Como apuntan algunos autores, el desarrollo sostenible exige cambios de mentalidad y de paradigma económico, similar al que se produjo en la Revolución Industrial [24]. Los procesos productivos de los países industrializados han supuesto incrementos en los consumos, tanto a nivel energético como de materiales, cuyos costes de obtención, eliminación y/o reciclaje ponen en entredicho la sostenibilidad del sistema. Hay que buscar la eficiencia en el consumo de recursos mediante la reorientación de la tecnología, que sea rentable económicamente y que la gestión ambiental haga del territorio un valor natural a conservar y no a especular.

Naredo J. [25] coincide en la ambivalencia de los términos *“sostenible”* y *“desarrollo”*, y que en el uso de la expresión *“desarrollo sostenible”*, hay una ambigüedad calculada cuyo origen está en la generalización del término impuesta frente a la de *“conservación”* propuesta en la década

de los sesenta o “ecodesarrollo” en los años setenta, entre otros. También analiza el origen del término “desarrollo sostenible” y su utilización para añadir después precisiones sobre “sostenibilidad” desde distintos sistemas de razonamiento, con el objeto de avanzar en la búsqueda de aplicaciones operativas de buenas prácticas para una ciudad sostenible [25].

Para realizar una valoración adecuada de la sostenibilidad, es primordial contar con herramientas y/o métodos de cuantificación lo suficientemente garantizados y afianzados, que permitan medir y ponderar una serie de indicadores que determinen el grado de sostenibilidad de un producto o proceso. Una de las iniciativas más relevantes, a escala internacional, para el diseño y aplicación de sistemas de indicadores ambientales de sostenibilidad, es la dada en el Informe que la Comisión de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas elaboró en 2001, aparecen los indicadores de desarrollo sostenible clasificados según sea el nivel social, económico, medioambiental o institucional que se quiera considerar [26].

Es importante hacer una adecuada definición de los indicadores, así como de su función y los objetivos que se pretenden obtener. Algunos autores [20] concluyen que, en el nivel más concreto, a los indicadores se les consideran variables, como representación operativa de un atributo (calidad, característica, propiedad) de un sistema. Así pues, cada variable tomará valores diferentes dependiendo de las mediciones u observaciones específicas. Por lo tanto, los indicadores serán variables y los datos serán las mediciones u observaciones reales.

Los indicadores proporcionan información clave sobre el sistema y permite analizar tendencias y relaciones de causa y efecto, son pues un paso más allá de un mero dato primario [27].

Sostenibilidad y Desarrollo Sostenible en Edificación.

En el caso concreto de la edificación, toda actividad/sistema que tenga que ver con la utilización de recursos, de consumos energéticos o bien puedan generar un impacto ambiental en el entorno, llevarán asociados los términos de sostenibilidad y desarrollo sostenible. Son términos analizados desde ya hace décadas, que cobran especial protagonismo en la actualidad, donde se vive una mayor sensibilización y preocupación por el consumo excesivo de recursos naturales que se están llevando a cabo y consecuentemente su repercusión en el cambio climático.

Un planteamiento integral sobre el estudio de la Sostenibilidad, en cualquier ámbito, va más allá de lo estrictamente medioambiental, como ya se ha indicado, incorporará además aspectos sociales y económicos. Las tres dimensiones además se interrelacionarán de forma sostenible tal que aseguremos un desarrollo económico sostenible (Medioambiental-Económico), garanticemos un entorno natural y construido sostenible (Medioambiental-Social) y proporcionemos un entorno equitativo socialmente (Social-Económico). Solo con una interrelación inteligente de las tres dimensiones podremos garantizar un desarrollo sostenible.

El entorno construido o edificado o urbano no es ajeno a estos tres aspectos. Desde el punto de vista económico, muchos países basan o han basado su economía en el sector de la construcción como principal generador de empleo, cuyos efectos sociales se han hecho más relevantes ante la alta emigración de la población procedente de las zonas rurales, dando lugar a distritos y poblaciones de un rango social cuya ocupación laboral principal fue el sector de la construcción; y dando lugar a entornos urbanos poco amigables con el aspecto medioambiental, con una

sobreexplotación del suelo en zonas de costa, gran consumidor de recursos energéticos para su funcionamiento, fuente de residuos, etc.

Hasta ahora, el sector productivo industrial parecía ser el más sensibilizado en la dimensión medioambiental, estando sometido a mayores requerimientos o controles; en cambio, en el sector de la construcción esta dimensión había sido poco considerada, cuando ya se ha demostrado su alta responsabilidad en el consumo de recursos y generación de residuos que ponen en peligro la sostenibilidad del planeta. Sin embargo, a pesar de entenderse que la base de la sostenibilidad está en un consumo eficiente de los recursos, un mayor uso de las energías renovables y una mayor eficiencia energética, parece ser que en el entorno de la construcción/edificación, todos estos aspectos de la sostenibilidad no están todavía asumidos, asentados de manera firme, ni tampoco coordinados con herramientas que no dejen paso a la ambigüedad e interpretaciones partidistas de los distintos agentes que participan en el proceso. Según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE)[28], la eficacia medioambiental de los enfoques voluntarios a menudo es cuestionable, y su eficiencia económica suele ser baja.

El concepto de sostenibilidad en edificación hay que contextualizarlo adecuadamente y disponer de las herramientas adecuadas para su valoración, como ya se ha apuntado anteriormente. Con el objeto de matizar el concepto de construcción, hay que señalar que este término puede estar enfocado hacia las infraestructuras o bien hacia la construcción de edificios, ambos enfoques son importantes cuando de analizar y evaluar aspectos globales se trate, en la presente tesis se tratará de forma concreta la sostenibilidad en la edificación.

Los comités de normalización de mayor relevancia, *International Standard Organisation* (ISO)[29], el Comité Europeo de Normalización (CEN)[30] o el American Standard (ASTM)[31], ya han desarrollado normativa en la que definen las bases y metodologías de cálculo para la evaluación de la sostenibilidad en la construcción de edificios [32] [33] [34], la gestión ambiental a través del Análisis del Ciclo de Vida [35] e Indicadores para el desarrollo sostenible de ciudades [36].

Cabe también destacar la Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de octubre de 2012 sobre Eficiencia Energética de Edificios [37], que se enmarca en el objetivo 20/20/20, que consiste en reducir un 20% el consumo de energía, un 20% las emisiones de gases efecto invernadero y aumentar en un 20% el consumo en energías renovables. La Directiva además establece que a partir de 2019 los edificios públicos que se construyan y de 2021 los privados, sean de consumo de energía casi nulo. En el ámbito nacional el DB-HE del Código Técnico de la Edificación ya está trabajando en esta Directiva para adaptarse al marco europeo reglamentario. Como consecuencia de versiones anteriores de esta misma Directiva, desde el año 2013, supuso la obligatoriedad de realizar Certificados Energéticos de todas aquellas viviendas que estuvieran en régimen de alquiler o venta.

2.1.2 Marco normativo sobre sostenibilidad

Edificación

La sostenibilidad en el sector de la edificación tiene un corto desarrollo en la historia, en términos de principios, normalización y aplicación [38]. Alrededor del año 2000, las organizaciones nacionales e internacionales para la normalización empezaron a desarrollar

estándares para aplicar la sostenibilidad en las obras de construcción.

Desde que se introdujo el concepto de desarrollo sostenible (Informe de la *World Commission on Environmental and Development, Our Common Future, Brundtland*) [19], el concepto de sostenibilidad ha sido utilizado cada vez más y en muchos sectores distintos, industriales, sociales, etc. El foco de atención en los aspectos medioambientales en el sector de la construcción ha aumentado de manera exponencial, desde que el informe de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (*United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC*) puso en evidencia que casi un tercio de la energía consumida se utiliza en el sector de la construcción y también desde que fue escrito el Protocolo de Kyoto [3]. Así pues, los organismos de normalización tanto nacionales como internacionales, comenzaron a desarrollar nuevos estándares para la aplicación de los principios constructivos sostenibles en el sector de la construcción. La idea básica de la estandarización es que todos los trabajos de construcción deben cumplir con los requerimientos de rendimiento exigidos, además del funcional y técnico propio del edificio también el rendimiento medioambiental, social y económico. En la evaluación de los rendimientos han de ser considerados todos los productos, elementos y procesos implicados en la construcción, para llegar a una estandarización de la producción, transporte, proceso de construcción y uso final de vida [38].

En las normativas oficiales, no se suelen definir los mecanismos para sancionar productos con un mal balance energético, o soluciones que emiten gases nocivos, ya sea en su proceso de fabricación, utilización o destrucción, debido a la dependencia que la industria y las políticas ejercen sobre dichas normativas, generando presiones en su redacción [39].

La organización internacional para la estandarización, ISO, [29] ha desarrollado diversas normas con el ánimo de englobar todos los aspectos de la sostenibilidad en los edificios Tabla 2.1. Con la normativa ISO se busca estandarizar y homogeneizar los criterios de evaluación de la sostenibilidad en edificación de forma que sea posible su comparación. Así, las normas ISO exponen una serie de indicadores, establece unos marcos de trabajo y unas guías para la evaluación de la sostenibilidad en sus tres dimensiones. A raíz de estas normas, en las últimas dos décadas han ido apareciendo herramientas cuyo objeto es la cuantificación de la sostenibilidad en la edificación, conociéndose también como sistemas de calificación o certificación ambiental.

La normativa relacionada con la evaluación de la sostenibilidad de los edificios especifica que, básicamente, el comportamiento completo del edificio incorpora aspectos ambientales, sociales y económicos, así como también el técnico y funcional. Aunque estos dos últimos no forman parte de esta serie de normas, son de consideración por estar íntimamente ligados al otro grupo, pues su relación es condición primera para una valoración del comportamiento sostenible de los inmuebles.

Tabla 2.1 Relación de normativa relacionada con la evaluación medioambiental. Adaptada [37]

UNE-ISO/TS 14033	Información ambiental cuantitativa
UNE-ISO 15643-1	Evaluación de la sostenibilidad de los edificios (marco general)
UNE-ISO 15643-2	Evaluación de la sostenibilidad de los edificios (marco comportamiento ambiental)
UNE-ISO 15978	Evaluación del comportamiento ambiental de los edificios (Métodos de cálculo)
UNE-ISO 15643-3	Evaluación de la sostenibilidad de los edificios (marco comportamiento social)
UNE-ISO 15309	Evaluación del comportamiento social de los edificios (Métodos de cálculo)
UNE-ISO 15643-4	Evaluación de la sostenibilidad de los edificios (marco comportamiento económico)
PNE-EN 16627	Evaluación del comportamiento económico de los edificios (Método de cálculo)
UNE-EN 16247-3	Auditorías energéticas: Procesos
UNE-EN-ISO 14040	Análisis de ciclo de vida.
UNE-EN-ISO 14044	Requisitos y directrices para efectuar un ACV
UNE-EN 14045	Evaluación de la ecoeficiencia del sistema del producto
UNE-EN-ISO/TS 14067	Gases de efecto invernadero: Huella de carbono de productos (Cuantificación y comunicación)
UNE-ISO/TS 14062	Gestión ambiental: Integración de los aspectos ambientales en el diseño y desarrollo de productos.
UNE-EN-ISO 14020	Etiquetas ecológicas y declaraciones ambientales
UNE-EN-ISO 14021	Autodeclaraciones medioambientales (etiquetado ecológico tipo II)
UNE-EN-ISO 14024	Etiquetado ecológico tipo I
UNE-EN-ISO 14025	Declaraciones medioambientales tipo III
UNE -EN 15804	Declaraciones ambientales de productos: Reglas de categoría de productos básicos para productos de construcción
UNE-EN/TR 15941	Declaraciones ambientales de productos: Metodología para la selección y uso de datos genéricos
UNE-EN 15942	Declaraciones ambientales de productos: Formato de comunicación negocio a negocio
UNE-EN 15217	Eficiencia energética de los edificios: Métodos para expresar la eficiencia energética y para la certificación de los edificios.
UNE-EN 15603	Eficiencia energética de los edificios: Consumo global de energía y definición de las evaluaciones energéticas.
UNE-EN 16247-2	Auditorías energéticas: edificios
UNE-EN-ISO 14031	Gestión ambiental: Evaluación del desempeño ambiental
UNE-ISO/TS 14015	Gestión ambiental: Evaluación ambiental de sitios y organizaciones
UNE-EN-ISO 14051	Gestión ambiental: contabilidad de costos del flujo de materiales
UNE-EN-ISO 14064-1	Gases de efecto invernadero: Especificación con orientación, a nivel de las organizaciones
UNE-EN-ISO 14069:	Gases de efecto invernadero: Orientación para la aplicación de la Norma ISO 14064-1
UNE-EN-ISO 14064-3	Gases de efecto invernadero: Especificación con orientación para la validación y verificación de declaraciones sobre GEI
UNE-EN-ISO 14063	Gestión ambiental: Comunicación Ambiental
UNE-EN-ISO 14001	Sistemas de gestión ambiental: requisitos con orientación para su uso

UNE-ISO/TS 14033	Información ambiental cuantitativa
UNE-ISO 15643-1	Evaluación de la sostenibilidad de los edificios (marco general)
UNE-ISO 15643-2	Evaluación de la sostenibilidad de los edificios (marco comportamiento ambiental)
UNE-ISO 15978	Evaluación del comportamiento ambiental de los edificios (Métodos de cálculo)
UNE-ISO 15643-3	Evaluación de la sostenibilidad de los edificios (marco comportamiento social)

Tabla 2.2 Continuación. Relación de normativa relacionada con la evaluación medioambiental. Adaptada [37]

UNE-EN-ISO 14004	Sistema de gestión ambiental: Directrices generales sobre principios, sistemas y técnicas de apoyo
UNE-EN-ISO 19011	Directrices para la auditoría de los sistemas de gestión
UNE-EN-ISO 14006	Sistemas de gestión ambiental: Directrices para la incorporación del ecodiseño
UNE-EN-ISO 50001	Sistemas de gestión de la energía: requisitos con orientación para su uso
UNE-EN 15900	Servicios de eficiencia energética: Definición y requisitos esenciales.
UNE-EN 16247-1	Auditorías energéticas: Requisitos generales
UNE-EN 16247-4	Auditorías energéticas: Transporte
UNE-EN-ISO 14064-2	Gases de efecto invernadero: Especificación con orientación, a nivel de proyecto
UNE-EN-ISO 14064-3	Gases de efecto invernadero: Especificación con orientación para la validación y verificación
UNE 150008	Análisis y evaluación del riesgo ambiental

Según la normativa, se recomienda realizar una evaluación en las etapas primarias del proyecto o fase anteproyecto, o en su caso de rehabilitación, para tener una estimación general del comportamiento sostenible del edificio. Todo ello ayudará en la toma de decisiones, a medida que avance la definición del proyecto. Y finalmente recomienda una evaluación final de la obra totalmente ejecutada [40]. Los resultados de la evaluación de la sostenibilidad suministran valores para los diferentes indicadores e información sobre los escenarios y las etapas del ciclo de vida incluidas en la evaluación. Tal como muestra la Imagen 2.2, según norma UNE 15643-1 [40] el comportamiento integrado del edificio incorpora la dimensión social, ambiental y económica, así como el técnico y funcional.

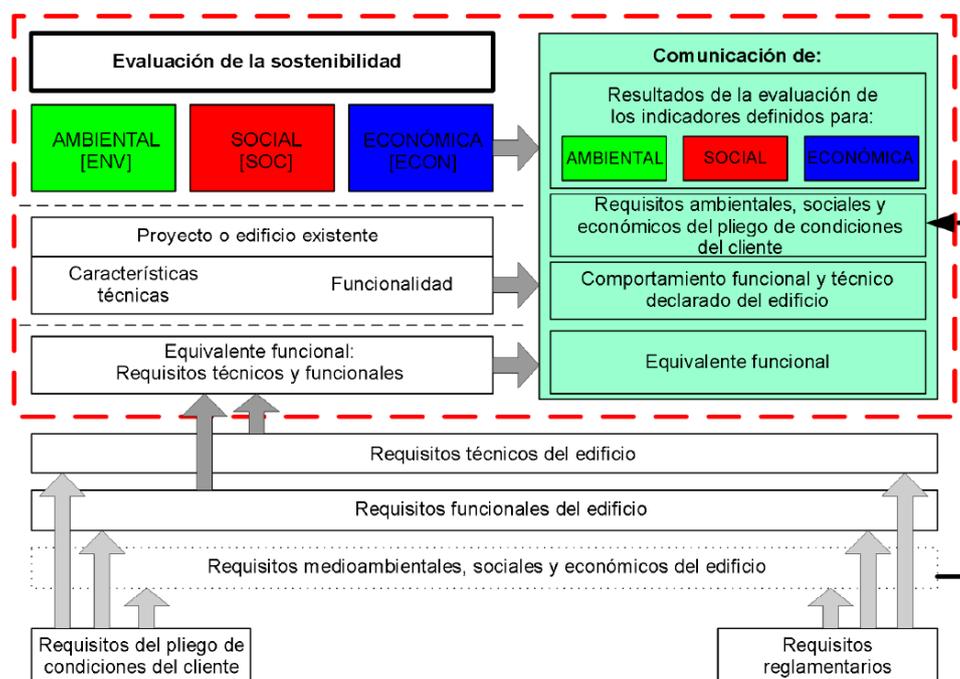


Imagen 2.2 Comportamiento integrado del edificio [40]

La Tabla 2.2, según norma UNE15643-1 [40], muestra las normas referentes a la evaluación de la sostenibilidad, evalúan el comportamiento integrado de los edificios en distintos niveles conceptuales, a saber, nivel marco, nivel edificio y nivel producto, desarrollando la normativa de aplicación para cada caso.

Nivel Marco:

Tabla 2.3 Normativa sobre evaluación de la sostenibilidad. Adaptada [40]

NIVEL CONCEPTUAL	Comportamiento integrado del edificio				
	Comportamiento Social	Comportamiento Ambiental	Comportamiento Económico	Comportamiento Técnico	Comportamiento Funcional
Nivel Marco	EN-15643-1 Evaluación de la sostenibilidad de edificios. Parte1: Marco General			Características Técnicas	Funcionalidad
	EN 15643-2 Evaluación de la sostenibilidad de edificios. Parte 2: Marco para la evaluación del comportamiento ambiental	EN 15643-3 Evaluación de la sostenibilidad de edificios. Parte 2: Marco para la evaluación del comportamiento social	EN 15643-4 Evaluación de la sostenibilidad de edificios. Parte 2: Marco para la evaluación del comportamiento económico		
Nivel Edificio	EN 15978 Evaluación del comportamiento ambiental de edificios. Método de cálculo	EN 16309 Evaluación del comportamiento social de edificios. Método de cálculo	EN 16627 Evaluación del comportamiento económico de edificios. Método de cálculo		
Nivel Producto	EN 15804 Declaraciones ambientales de producto-Reglas de categoría de productos de construcción EN 15942 Declaraciones ambientales de producto-Formato de comunicación-negocio a negocio CEN/TR 15941 Declaraciones ambientales de producto- Metodología para la selección y uso de datos genéricos	ver nota	ver nota		

UNE-EN 15643-1. Evaluación de la sostenibilidad de los edificios. Marco general. El propósito es suministrar el marco metodológico con los principios, requisitos y directrices para la evaluación de la sostenibilidad de los edificios. Se centra en principios generales y en los requisitos para la evaluación del comportamiento ambiental, social y económico de un edificio.

UNE-EN 15643-2. Marco para el comportamiento ambiental. Trata de proporcionar el marco metodológico con los requerimientos, pautas y principios para evaluar el comportamiento

mediambiental.

UNE-EN 15643-3. Marco para el comportamiento social. Trata de proporcionar el marco metodológico con los requerimientos, pautas y principios para evaluar el comportamiento social.

UNE-EN 15643-4. Marco para el comportamiento económico. Trata de proporcionar el marco metodológico con los requerimientos, pautas y principios para evaluar el comportamiento económico.

Nivel edificio:

UNE-EN 15978, Evaluación del comportamiento ambiental. La evaluación a nivel de edificio requiere información de los productos y servicios (EN 15804). Esta norma está concebida para dar apoyo a la fase de toma de decisiones y a la documentación de la evaluación del comportamiento ambiental. El método de evaluación para la determinación cuantitativa del comportamiento ambiental del edificio está basado en una **aproximación de ciclo de vida**. La norma establece una metodología de cálculo basado en el ACV y otra información ambiental cuantificada. Esta norma es aplicable tanto a edificios nuevos como existentes. Se basa en los datos obtenidos de las Declaraciones Ambientales de Producto (DAP).

Los materiales, los productos, los procesos y los servicios de construcción que se utilizan a lo largo del ciclo de vida de los edificios, están relacionados con la evaluación. En cambio, las interpretaciones, o los juicios de valor, resultantes del acto evaluativo no entrarían dentro del campo de aplicación de esta norma europea.

UNE-EN 16309+A1, Evaluación del comportamiento social. La evaluación está basada en el enfoque de ciclo de vida. La evaluación del comportamiento social difiere de la evaluación de los aspectos económicos y ecológicos ya que precisa tanto de enfoques cuantitativos como cualitativos. En los casos en que no se cuente con métodos que permitan obtener resultados cuantitativos para los criterios e indicadores de evaluación, se adopta un listado de comprobación para hacer cuantificable el enfoque descriptivo. En esta primera versión de la norma, la dimensión social de la sostenibilidad se concentra en la evaluación de los aspectos e impactos de la etapa de uso de un edificio, expresada en las siguientes **categorías** de comportamiento social (EN 15643-3): **Accesibilidad, Adaptabilidad, Salud y Confort e Impactos sobre el Vecindario, Mantenimiento y Seguridad.**

Se han considerado estas categorías por contar con consenso en el campo de la normalización europea, en versiones futuras de la norma se considerará la inclusión de otras dos categorías (fuente de materiales y servicios e implicación de las partes interesadas).

UNE-EN 16627+A1, Evaluación del comportamiento económico. Esta norma describe los métodos y las reglas para el cálculo de flujos de caja a lo largo del ciclo de vida. Describe dos enfoques para el cálculo del comportamiento económico, uno obligatorio para el cumplimiento de esta norma siendo el Coste del Ciclo de Vida, (CCV) y el otro el Balance económico del ciclo de vida. Incluyen todos los productos empleados en la construcción de edificios, procesos y servicios relacionados con todo el ciclo de vida del edificio.

Nivel de producto:

UNE-EN 15804, Declaraciones Ambientales de producto (DAP). Facilita una estructura que

garantiza que todas las DAP de los productos de construcción, servicios y procesos, se obtienen, verifican y presentan de una forma armonizada, de forma precisa y no engañosa con el objeto de apoyar una toma de decisiones justa con base científica y desarrollando las posibilidades de mejora continua ambiental impulsadas por el mercado. Esta norma trata un número limitado de indicadores cuantificables predeterminados. Establece las reglas de categoría de producto (RCP) básicas para las declaraciones ambientales tipo III de cualquier producto y servicio de construcción. La información de la DAP se expresa en módulos de información que permiten una organización y expresión sencilla de los paquetes de datos a lo largo del ciclo de vida del producto. Para evaluar los impactos ambientales, sociales y económicos asociados con los productos, se han desarrollado métodos para comprender mejor y tratar esos impactos, una de esas técnicas desarrolladas es el **Análisis de Ciclo de Vida (ACV)**. Así, la norma UNE-EN ISO 14040 y la UNE-EN ISO 14044, son normas de Gestión Ambiental, donde tratan los principios y marco de referencia y los requisitos y directrices de un ACV respectivamente.

El ACV es una de las diversas técnicas de gestión ambiental existentes, otras técnicas de gestión ambiental son: evaluación del riesgo, evaluación del desempeño ambiental, auditoría ambiental y evaluación del impacto ambiental.

UNE-EN 14040, ACV, principios y marco de referencia. UNE-EN 14044, ACV, requisitos y directrices. Un ACV puede, ayudar a identificar oportunidades para mejorar el desempeño ambiental de productos en las distintas etapas del ciclo de vida; aportar información a quienes toman decisiones en la industria, en organizaciones que sean o no gubernamentales (planificación estratégica, establecimiento de prioridades, diseño y rediseño de productos o procesos); dar soporte en la selección de indicadores de desempeño ambiental (las normas de evaluación ambiental relacionadas anteriormente incluyen los indicadores para evaluar el comportamiento correspondiente) y refuerzan en aspectos como la comercialización de los productos, marketing, implementando por ejemplo un esquema de etiquetado ambiental o elaborando una DAP. Tal y como indica de forma expresa la norma, *“el ACV no considera los asuntos económicos o sociales de un producto, pero el enfoque de ciclo de vida y las metodologías descritas en esta norma internacional se pueden aplicar a estos otros aspectos”*. Se pueden combinar otras herramientas con el ACV para análisis más profundos.

Dentro del marco de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático, el Acuerdo de París [2] establece las medidas para la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. Los Estados de la Unión Europea se han comprometido en lograr la neutralidad climática de aquí a 2050, a través del cumplimiento de los compromisos adquiridos en este Acuerdo. Este, establece las medidas para la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero a través del Pacto Verde Europeo [41], es la estrategia de la UE para alcanzar el objetivo para el año 2050. Entre los objetivos que incluye el Pacto verde están:

- Objetivo 55, su finalidad es traducir las ambiciones climáticas del Pacto Verde en legislación y poner en marcha nuevas iniciativas legislativas para adaptar la legislación de la UE a sus objetivos climáticos, para así proporcionar un marco coherente y equilibrado que permitan alcanzarlos.
- Plan de Acción para la Economía Circular, se trata de disociar el crecimiento económico del uso de los recursos y adoptar sistemas circulares de producción y consumo.
- Transición justa, trata de proporcionar apoyo financiero y técnico a las regiones más afectadas por la transición hacia una economía baja en carbono.

- Energía limpia, asequible y segura, el 75% de las emisiones de gases de efecto invernadero de la UE proceden del uso y la producción de energía, así pues, la descarbonización del sector de la energía será un paso importante para conseguir la neutralidad climática de la UE.

Dentro de las iniciativas del Consejo Europeo de la Unión Europea, se encuentra la Nueva Bauhaus Europea, es una iniciativa que conecta el Pacto Verde Europeo con nuestros espacios y experiencias de forma interdisciplinaria [42] La Nueva Bauhaus Europea quiere ser inspiradora de un movimiento que facilite y dirija la transformación de nuestra sociedad teniendo en cuenta: la sostenibilidad, desde los objetivos climáticos hasta la circularidad, la contaminación cero y la biodiversidad; la estética, calidad de experiencia y estilo más allá de la funcionalidad y la inclusión, desde valorar la diversidad hasta garantizar la accesibilidad y la asequibilidad. Quiere tener un enfoque en soluciones de investigación e innovación, la misión propuesta tendría como objetivo transformar los vecindarios de toda Europa, haciéndolos más sostenibles, todo ello con el fin de cumplir con los objetivos del Pacto Verde de la UE. Entre las iniciativas llevadas a cabo están las normas comunes de la UE para un entorno construido accesible a todos, de forma que se compartan métodos y estándares para su cumplimiento.

Entorno urbano. La sostenibilidad y la ciudad en el marco normativo

Si consideramos el edificio como un elemento integrante del entorno urbano para formar una ciudad con sus criterios propios y sostenible, es importante también considerar la normativa propia de sostenibilidad relacionada con las ciudades, UNE-ISO 37120 Desarrollo sostenible en las ciudades. Indicadores para los servicios urbanos y la calidad de vida [43]. Las ciudades necesitan indicadores para su desempeño y los existentes no están normalizados en la mayoría de los casos, o bien porque les falta coherencia o no son comparables a lo largo del tiempo o entre diferentes ciudades. Lo que se pretende con el desarrollo de esta norma, y otras, es dar un enfoque holístico e integrado al desarrollo sostenible y a la resiliencia. El conjunto de indicadores normalizados proporciona un enfoque uniforme respecto a lo que se mide y a cómo se tiene que llevar a cabo esa medición. Según la norma, con el fin de alcanzar un desarrollo sostenible, se debe tener en cuenta todo el sistema de la ciudad en conjunto; la planificación de necesidades futuras debe tener en cuenta el uso actual y la eficacia de recursos, con el fin de proyectar mejor el futuro. Esta norma define y establece metodologías para un conjunto de indicadores que guíen y midan el desempeño de los servicios urbanos y la calidad de vida. Reflexiona sobre la sostenibilidad como el principio general y la resiliencia como el concepto guía en el desarrollo de las urbes [44].

La Unión Europea ha establecido una serie de objetivos en el Paquete 20-20-20 Energía y Cambio Climático. El Gobierno de España, con La ley 8/2013 de 26 de junio de rehabilitación, regeneración y renovación urbanas [45], viene a impulsar esos objetivos europeos, estableciendo medidas de rehabilitación que permitan reducir consumos energéticos, donde se promuevan energías limpias y por tanto se reduzcan las emisiones de gases efecto invernadero del sector residencial, sobre todo el construido en las décadas de los 50, 60 y 70. Con todo ello se pretende que mejore la eficiencia y por ende la sostenibilidad del conjunto del parque residencial, puesto que incluye el factor social de oportunidades de recuperación económica y crecimiento social a través del empleo en el sector de la construcción de la edificación, incluyendo los espacios urbanos. La ley 8/2013 promueve actividades de rehabilitación en su conjunto, donde se apliquen políticas integrales que contemplen intervenciones en los ámbitos

físico-espaciales, sociales, económicos y ambientales y de integración de la ciudad. Los objetivos que persigue esta Ley 8/2013 son, en primer lugar, potenciar la rehabilitación edificatoria y la regeneración y renovación urbanas; en segundo lugar, ofrecer un marco normativo idóneo para permitir la reconversión y reactivación del sector de la construcción, encontrando nuevos ámbitos de actuación en la rehabilitación edificatoria y en la regeneración y renovación urbanas; y en tercer lugar, fomentar la calidad, las sostenibilidad y la competitividad, en la edificación y en el suelo, acercando marcos normativos españoles con los europeos.

Los **indicadores** y los métodos de prueba asociados a la norma internacional UNE ISO 37120 [36], Desarrollo Sostenible en las Ciudades, se han desarrollado con el fin de ayudar a medir la gestión de cómo se desempeñan los servicios de la ciudad y la calidad de vida temporalmente, de forma que permitan comparar una amplia escala de mediciones del desempeño y así compartir las mejores prácticas. Puede que las ciudades no tengan siempre una influencia directa en los factores por los que se rigen los indicadores, pero elaborar informes permite comparar y facilitar predicciones generales sobre la prestación de unos servicios o de la calidad de vida de una ciudad.

El Comité ISO en su comisión de trabajo, TC 268, sigue elaborando más indicadores que los descritos en esta norma, con el fin de apoyar el desarrollo sostenible y la resiliencia en las ciudades. La norma ha estructurado los indicadores en dos grupos, Indicadores “principales” e Indicadores “de apoyo”. Estos indicadores hacen referencia a servicios urbanos y calidad de vida, relacionados con la economía, la educación, energía, medio ambiente, finanzas, respuesta ante incendios y emergencias, gobierno, salud, esparcimiento, seguridad, acogida, residuos sólidos, telecomunicaciones e innovación, transporte, planificación urbana, aguas residuales, agua y saneamiento. Hay otros indicadores denominados “de perfil”, que facilitan estadísticas básicas e información preliminar para ayudar a las ciudades a determinar cuáles son de interés para las comparaciones. En este momento se están elaborando las definiciones y metodologías de los indicadores de perfil, estos indicadores están referidos a: personas, hogares, economía, gobierno, geografía y clima.

2.1.3 Evaluación de la sostenibilidad en la edificación

El parlamento europeo aprobó una resolución en julio de 2015, instando a la Comisión de Medio Ambiente, a través del documento “Uso eficiente de los recursos: avanzar hacia una economía circular” [46], en sus apartados 49, 51 y 52, a:

- Desarrollar indicadores, normas y métodos en materia de uso del suelo y ordenamiento urbano, arquitectura, ingeniería de estructuras, construcción, mantenimiento, adaptabilidad, eficiencia energética, renovación y reutilización y reciclado; destaca que los indicadores para los edificios sostenibles también deben incluir infraestructuras verdes, como los techos verdes; subraya la importancia de una visión holística para el patrimonio inmobiliario europeo, con unos objetivos claros y ambiciosos a medio y largo plazo, y hojas de ruta para materializarla.

*- Elaborar, en el marco de los indicadores generales de eficiencia de los recursos, unos **indicadores que evalúen la sostenibilidad de los edificios a lo largo de todo el ciclo de vida**, utilizando las normas y los métodos existentes y sobre la base de un planteamiento de sostenibilidad medioambiental, económico y social.*

- Que examine la posibilidad de que los principios y estándares MTD (**mejores tecnologías disponibles**) se amplíen para incluir a todos los materiales y partes de edificios, y que desarrolle un pasaporte para edificios basado en **el ciclo de vida completo** de un edificio.

La Comisión de Medioambiente informa al Parlamento sobre todas las medidas esbozadas y presenta propuestas de nuevas medidas en lo relativo al uso eficiente de los recursos propuestos, además de tener en cuenta el ciclo de vida completo de los productos y servicios, y basarse en la metodología de la huella ecológica. Este concepto de economía circular no es totalmente nuevo, en el año 2002 el arquitecto norteamericano W. McDonough y el químico alemán M. Braungart [47], hacían ya un planteamiento distinto al de las conocidas tres R, (reducir, reutilizar y reciclar), introducían la metodología de diseño de la “cuna a la cuna” (C2C), orientado hacia un modelo de cero residuos. Como dicen los autores F. Aguayo y otros,[48], el paradigma C2C, aunque inicialmente está pensado para productos, es transversal y puede ser de gran interés en sectores como la Arquitectura, entre otros. Los autores, identifican el diseño “*Cradle to cradle (C2C) como múltiples ciclos de vida, un planteamiento ecológico inteligente de la arquitectura y la industria que crea materiales, edificios y patrones de asentamiento totalmente sanos y reparadores..., creando edificios y planes comunitarios que generan una amplia gama de valores económicos, sociales y ecológicos tanto en naciones industrializadas como en países en desarrollo*”.

Es en los años 70, con la crisis energética, cuando se incorpora la preocupación por los aspectos medioambientales en la edificación, se presta interés al consumo de energía como medida de evaluación de la sostenibilidad de edificios. En la actualidad el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) pone en evidencia que, en una probabilidad del 90%, la causa del calentamiento global es las emisiones de dióxido de carbono (y otros gases) procedentes de la actividad del hombre. En este marco sobre el cambio climático, es importante destacar el papel que juega la edificación, desde la energía necesaria para su construcción, su mantenimiento y uso hasta su desmantelamiento o demolición y reciclaje. Solo la parte correspondiente a la fase de construcción, uso y mantenimiento del edificio puede suponer hasta un 40% del consumo energético total de la UE. Así pues, una tercera parte de las emisiones globales de CO₂ equivalentes tienen su origen en la construcción y uso de los edificios [39].

Con los diseños y las tipologías constructivas que se han ido construyendo hasta prácticamente la entrada en vigor del Código Técnico de la Edificación (2006), los mayores consumos energéticos y emisiones de gases de efecto invernadero, se producen en la fase de uso del edificio, más que en la construcción de estos, e incluso por delante de la fabricación de los propios materiales de construcción. Ello es debido principalmente a la poca atención prestada en construir una envolvente adecuada, que siga procesos de control de calidad rigurosos, dejando esta responsabilidad, prácticamente en su totalidad, a las instalaciones mecánicas de climatización, que conllevan grandes consumos energéticos. Pero la tendencia actual, consecuencia de una normativa más exigente, es que los edificios son cada vez más eficientes, las directrices se desarrollan hacia un diseño y construcción de edificios cuya demanda energética sea mínima o incluso nula, es por ello, que estamos ante un nuevo paradigma. Adquiere relevancia utilizar estándares que permitan construir con una alta eficiencia, incluyendo además tanto las dimensiones sociales como económicas. Así pues, la evaluación de la sostenibilidad se entenderá como un proceso de identificación, predicción y evaluación de los

impactos medioambientales, sociales y económicos [49].

En el sector de la edificación, se comienza a reconocer el impacto de sus actividades sobre el medioambiente sobre los años 90. Esto conlleva al desarrollo de herramientas de evaluación centradas principalmente en el aspecto medioambiental, dejando de lado los aspectos económicos y sociales que no eran de relevante preocupación y por lo tanto no dotando estas herramientas del carácter integrador del concepto de sostenibilidad, [15]. La evaluación ambiental de los edificios o las construcciones promueven la sostenibilidad en el sector de la edificación, pero el hecho de que existan muchas herramientas, con marcos estructurales y metodologías de evaluación distintos, debilitan la credibilidad y aplicabilidad de los sistemas.

Así pues, es importante hacer frente a la situación actual en relación con la evaluación de la sostenibilidad, es necesario analizar las metodologías de evaluación existentes y las herramientas para su aplicación para establecer un marco adecuado que permita desarrollar un modelo de evaluación de la sostenibilidad en la edificación íntegro, creíble y aplicable, desde un enfoque multidimensional.

Las tendencias actuales respecto a la evaluación de la sostenibilidad en la construcción, como bien se especifica en la normativa, se basan en el aspecto medioambiental, con el fin de proteger a futuras generaciones, mantener la biodiversidad y proteger contra el cambio climático; en el aspecto económico, de forma que pueda garantizarse un cierto poder adquisitivo, un bienestar económico y la protección frente a intereses determinados de los recursos; y en el aspecto social que implica un equilibrio entre los diferentes sectores de la sociedad que garantice una convivencia pacífica y un proceso participativo de todos sus integrantes.

2.1.3.1. Análisis de metodologías de evaluación de la sostenibilidad.

Un edificio es un conjunto complejo que conlleva plantear un enfoque multidisciplinar de la evaluación de la sostenibilidad, considerando la integración de los materiales y productos en unidades funcionales. En un principio, a la hora de mejorar el impacto ambiental (que no la sostenibilidad en su total dimensión), o bien se adopta la idea de utilizar materiales sostenibles o de baja huella de carbono (certificados o no), o bien se consideran mejoras en el aspecto energético del edificio (por el gran impacto que causa este en la fase de uso de un edificio principalmente y por ser más fácil su cuantificación). Estos enfoques metodológicos unidimensionales de la sostenibilidad pueden servir para evaluar la parte medioambiental del edificio, pero no para obtener un edificio sostenible, que requiere de una evaluación integrada, que incluya los tres parámetros universalmente ya aceptados.

Originalmente los sistemas de evaluación se basaban en un solo parámetro, siendo este en la casi totalidad el consumo energético. Estos sistemas están siendo duramente criticados por la incapacidad de tener una adecuada evaluación de la sostenibilidad con sólo dicho parámetro, [49]. Actualmente, gracias a un aumento de la conciencia de los riesgos a largo plazo que implica el mundo de la construcción, vienen desarrollándose sistemas multicriterio o multidimensionales. No todos estos sistemas se han desarrollado por igual y bajo los mismos enfoques, raramente tienen en cuenta los aspectos económicos, lo cual va en detrimento o constituye un límite a la hora de elegir la opción más sostenible [50] y por supuesto tampoco consideran el aspecto social. Esto tiene que hacer reconsiderar los sistemas de evaluación existentes, los cuales están orientados principalmente hacia la mejora del aspecto medioambiental de la sostenibilidad. Por tanto, se hace necesario diseñar sistemas con un enfoque integral de la evaluación, los cuales requerirán de gran cantidad de información que

pueden complicar su aplicabilidad en los procesos de construcción de edificios [49].

En la bibliografía estudiada se plantean distintos enfoques de evaluación de la sostenibilidad, apareciendo dos de ellos claramente diferenciados, aquellos que están basados en sistemas multicriterio, siendo de más fácil aplicación y los basados en el Análisis del Ciclo de Vida (ACV), más rigurosos y complejos, requiriendo su aplicación de cierta especialización. La tendencia actual de los sistemas de evaluación de la sostenibilidad es hacia un análisis con una perspectiva de toda la vida del edificio, desde la construcción, la fase de uso (fase operacional) hasta el desmantelamiento de este. Deben desarrollarse sistemas más completos que integren además aspectos del entorno, algunos sistemas ya los incluyen.

Tradicionalmente el aspecto energético ha sido considerado como el criterio más importante, en la evaluación de la sostenibilidad en la edificación. Con la incorporación de la Directiva 2002/91/EC en las leyes nacionales, se han venido elaborando normas con el propósito de mejorar la eficiencia energética de los edificios, induciendo a muchos países a desarrollar procesos de certificación energética para edificios, tanto residenciales como terciarios. Por ejemplo, con la entrada en vigor del Real Decreto 47/2007, a nivel de proyecto y una vez finalizado el edificio hay que valorar la eficiencia energética del edificio, [51]. También se establece la obligatoriedad de proporcionar la certificación de eficiencia energética correspondiente a los compradores o usuarios de edificios, todo ello con el objeto de promover edificaciones con una alta eficiencia desde un punto de vista de demanda energética. Estos certificados energéticos del edificio proporcionan una “calificación energética” designada por letras, en función de un consumo de energía estimado del edificio y de las emisiones de CO₂ asociadas a su funcionamiento.

Con el objeto de poner orden en la cantidad de sistemas de evaluación existentes en el mercado, son varios los autores que proponen clasificaciones de estos según distintos criterios. Por ejemplo, Berardi [49], hace una clasificación de los sistemas de evaluación de la sostenibilidad actuales agrupándoles en tres categorías: primero, basados en la Demanda de Energía Acumulada (**CED**, *Cumulative Energy Demand*); segundo, los basados en Análisis de Ciclo de Vida ACV, (**LCA**, *Life Cycle Analysis*) y tercero los basados en Evaluación de la Calidad Total (**TQA**, *Total Quality Assessment*).

CED, Demanda de Energía Acumulada, sistemas que focalizan la evaluación en el consumo energético del edificio. Tiene un enfoque unidimensional, el de la energía, y además cuantitativo. El 80% de la energía consumida durante el ciclo de vida de un edificio se produce en la etapa de uso [49], de ahí las políticas de ahorro de energía. Las nuevas exigencias van llevando hacia el diseño de edificios de bajo consumo e incluso nulo (ZEBs, *Zero Energy Buildings*). Mientras que en Europa se ha establecido que los ZEBs deban ser construidos a partir de 2020 (EC/2010), en Estados Unidos ya son práctica habitual. Estos edificios tienen un alto nivel de eficiencia energética, se diseñan de tal manera que el consumo de energía primaria total ha de ser igual a la producción de energía in situ a partir de fuentes de energía renovables. Este diseño da paso al debate de otras etapas del ciclo de vida de los edificios, es decir, dado que el edificio en su fase de mayor demanda energética (fase operacional o de uso) se convierte en un edificio altamente eficiente, por su diseño o por su mejora tecnológica, ahora pasa a cobrar relevancia la energía necesaria para el desarrollo de las otras fases del ciclo de vida, que

hasta ahora no era importante su estudio por no producir un impacto elevado en su proceso. Pasa a ser relevante la adecuada elección de materiales, aquellos que sean más eficientes en las fases de extracción, producción y reciclaje, presentando valores bajos en los indicadores medioambientales, tales como la energía embebida o la huella de carbono, el consumo de agua, que la reducción de los residuos resulte en los más eficientes, la fase de construcción, el proceso de demolición, gestión del residuo, etc.

Así pues, podemos decir que, en el aspecto energético, la tendencia actual de la evaluación de la sostenibilidad es hacia el diseño de edificios de óptima eficiencia energética, edificios de consumo de energía cero o casi cero y que evalúen el uso de la energía en el Ciclo de Vida del edificio.

LCV, Análisis de Ciclo de Vida: Los sistemas ACV focalizan la atención principalmente en aspectos medioambientales. Tienen un enfoque cuantitativo, pueden evaluar uno o más parámetros y depende de las etapas del ciclo de vida que evalúen.

El sistema de ACV fue desarrollado en sus inicios para el diseño de productos con bajo impacto ambiental. La primera definición oficial se estableció en 1993, según ella, *“el ACV es un proceso objetivo para evaluar las cargas ambientales asociadas a un producto, proceso o actividad. Esto se lleva a término identificando la energía, materias utilizadas y los residuos de todo tipo de vertido al medio; determinando el impacto de este uso de energía y materias de las cargas al medio, evaluando e implementando prácticas de mejora ambiental”* [52]. Las normas ISO 14040 [35]e ISO 14044, establecen los principios y el marco de referencia para el ACV. Para el caso de su aplicación en edificios, considera aspectos especiales con respecto a los productos dado que se trata de elementos que tienen una larga vida, se ven sometidos a cambios de uso o a multiplicidad de funciones, pueden causar un impacto local, los límites del sistema no están muy claros, etc. Ello implica, que hacer un ACV de un edificio no es un proceso sencillo [51]. Pero pese a las lagunas que presenta la aplicación de la metodología ACV en los edificios, se han desarrollado herramientas de evaluación al respecto. El ACV es una metodología ampliamente utilizada debido a la forma de integrar el marco normativo, Análisis de Ciclo de Vida (UNE EN ISO 14040), la Evaluación de la Sostenibilidad (UNE ISO 15643) y la calidad de los datos (UNE EN ISO 14020).

Un planteamiento metodológico de ACV para evaluar la sostenibilidad en la edificación, no solo es interesante por el análisis de los procesos de obtención y manufacturación de los productos relacionados con la construcción de edificios, sino también porque valora aspectos, sobre todo ambientales, de las otras fases del ciclo de vida como son la fase de uso u operacional, así como la fase final de vida, ya sea reuso, reciclado o la demolición con la gestión del residuo correspondiente. Así pues, el ACV nos puede dar una visión global de los recursos que se consumen y los residuos que se generan a lo largo de la vida útil del edificio, creando una potente herramienta de gestión ambiental, la cual puede completarse con otras [53].

El sistema de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) permite en su etapa inicial gestionar y sentar las bases tanto para el diseño óptimo del edificio como para la selección de materiales, lo cual permitirá plantear soluciones y sistemas constructivos que reduzcan el impacto medioambiental mediante la disminución de consumos energéticos y ahorros en emisiones.

Algunos estudios proponen variaciones a la metodología de ACV, con el afán de simplificar el proceso y hacerlo más accesible y práctico [51]. El enfoque simplificado permite comparaciones globales entre la energía incorporada y las emisiones de los materiales de construcción (indicador de emisiones, CO₂) y entre el consumo de energía y las emisiones asociadas a la etapa de uso (indicador de demanda energética, Kwh). Los autores concluyen que tener en cuenta el ciclo de vida en el proceso de certificación energética de los edificios permite el impulso de edificios sostenibles que presenten bajo consumo de energía y alta eficiencia, favoreciendo la innovación en el sector de la construcción. Así pues, para que todo ello sea posible, pasara por hacer diseños bioclimáticos, utilizar materiales de bajo impacto, naturales, reciclables, disponibles en el área local, minimizar el consumo de agua, diseño de tejados verdes, etc. Autores como Hernández, [49], también proponen simplificaciones de la metodología, haciendo un planteamiento hacia la reducción de reiteraciones, con el objeto de que la forma de trabajo sea más directa, para facilitar la interpretación y comparación de resultados. La aplicación de la evaluación mediante metodologías basadas en ACV divide el edificio en partes o actividades elementales y materias primas, para evaluar el impacto ambiental desde la fabricación y transporte hasta la demolición y reciclado. Es una metodología basada sobre la base de la experiencia del sector de la fabricación, [49].

La evaluación basada en ACV consta de 4 fases principales, definición de objetivos, inventario, evaluación del impacto y mejora de la evaluación. Su rigor científico es inherente a la evaluación de las fases, desde la cuna a la tumba, aunque el sistema está limitado por las incertidumbres en la recogida de datos relativos a los procesos de construcción, [49]. La difusión del sistema de evaluación basado en ACV está bastante limitada en el sector de la construcción, ello es debido a la falta de información, pues requieren especificaciones de datos /materiales y procesos de construcción para cada región. Otro obstáculo para su difusión es su estructura tan especializada: la información de salida (outputs), representada por impactos ambientales, puede ser poco comprensible para los que representan el sector de la construcción. Además, no considera los otros aspectos dimensionales de la sostenibilidad como son el aspecto económico y social.

El uso del ACV conlleva unas ventajas en el sector de la edificación, tales como beneficios a nivel de mercado (marketing); la creación de bases de datos con la información ambiental de los materiales o productos; permite obtener objetivos medioambientales y por lo tanto obtener un etiquetado medioambiental del mismo; puede reportar en préstamos y subvenciones en políticas medioambientales. Aunque, también puede presentar desventajas o barreras a superar para la aplicación del ACV tales como, superar prejuicios acerca de la complejidad del sistema y facilitar su comprensión; requiere aumentar el conocimiento de los actores acerca del impacto ambiental y la forma de calcularlo; aumentar la cooperación entre fabricantes y clientes; y homogeneizar y dar coherencia a los resultados sin que haya discrepancias y diferencias relevantes, [51].

Aunque también presenta algunas limitaciones, el ACV es un método que solo tiene en cuenta la dimensión medioambiental de la sostenibilidad, así pues, el análisis de los otros dos pilares, el social y el económico, deberá realizarse mediante la utilización de otras herramientas [54].

Si bien es cierto que, la literatura científica coincide en que el método de ACV es el más adecuado

para evaluar impactos en todo el conjunto, también expresa que presenta algunos inconvenientes que deben resolverse antes de ser integrado en los procesos de diseño, como por ejemplo que depende de la disponibilidad de datos de calidad, que estén al día y bajo estándares que les hagan fiables, de no ser así las evaluaciones serán inadecuadas [55]. Para otros autores [53], la dificultad puede residir en la propia limitación del sistema, cuya definición puede ser muy subjetiva. Además, los resultados encaminados a esferas globales o regionales pueden no ser lo idóneos para aplicaciones locales. Y coincidiendo con otros autores, la falta de disponibilidad de datos limita la precisión de los estudios.

TQA, sistemas de evaluación de la calidad total, estos sistemas evalúan aspectos medioambientales (emisión de gases efecto invernadero entre otros); aspectos económicos (inversión) y aspectos sociales (accesibilidad y calidad de los espacios). Son sistemas multidimensionales, evalúan varios parámetros y tienen un enfoque tanto cualitativo como cuantitativo. Se les llama también sistemas multicriterio. Cada criterio tiene un cierto número de puntos disponibles sobre el total de la sostenibilidad. Los sistemas multicriterio son sencillos de entender, permiten la evaluación en varias etapas desde el concepto/diseño hasta el final de vida de la construcción.

Algunos autores, como Ding [50], establecen un marco conceptual de un modelo multicriterio para la evaluación del proyecto en fase de viabilidad, incluyendo temas ambientales en los procesos de toma de decisiones. Desarrolla un sistema con enfoque multicriterio del que obtiene un parámetro que le llama “Índice de Sostenibilidad”.

Existen estudios que realizan clasificaciones de las metodologías basadas en la calidad, distinguiendo entre los métodos cualitativos y los métodos cuantitativos [50] [56] [57], siendo:

Métodos cualitativos, (CQL), estos sistemas de evaluación en base al ACV no usan procedimientos de cálculo sistemáticos para evaluar el perfil medioambiental del sistema de estudio. Tienen un papel decisivo las experiencias propias del experto que lleve a cabo las evaluaciones, requiere mucho conocimiento por su parte y entrenamiento. Los criterios que se incluyen son impactos sobre el valor ecológico de ubicación del edificio, efecto o impacto sobre las corrientes de viento, etc.

Métodos cuantitativos, (CQT), están basados en el ACV, utiliza clasificaciones, caracterizaciones, normalizaciones y ponderaciones. El marco metodológico de los métodos cuantitativos se basa en el estándar ISO 14040. La cantidad de interrelaciones de las fases del ACV hace que sea un proceso iterativo, es decir, el proceso de cálculo y evaluación es repetido hasta alcanzar el nivel requerido de detalle y confianza o seguridad del análisis. Estos métodos incluyen criterios tales como consumo de energía, de agua, emisiones de gases, etc. Lleva a una evaluación más correcta, con un marco más complejo y operativo con el fin de que pueda ser manejada la información de manera más apropiada [50].

La literatura científica revisa los enfoques *top-down* y *bottom-up* para proponer modelos de evaluación, sobre todo en el ámbito energético. El enfoque *top-down*, se centra en planificar y conocer completamente el sistema previo al desarrollo. Así, supone un gran esfuerzo crear el modelo inicial para luego proceder al detalle y desarrollo de este. En cambio, en el diseño *bottom-up*, las partes individuales se diseñan con detalle y luego se conectan entre sí hasta

formar el sistema completo.

Los modelos *top-down* operan a partir de datos globales, macroeconómicos, históricos, que pueden ser un obstáculo cuando se trate de evaluar áreas específicas, con su particular idiosincrasia y con potencial de mejora, de forma que la categorización del parque edificatorio sea incorrecta por la falta de detalle en los datos de apoyo ([50]). El enfoque *bottom-up* es adoptado por aquellos modelos que utilizan datos de entrada de niveles inferiores para luego extrapolar sus resultados a escalas superiores, ya sea de edificio, barrio, ciudad, etc. Tiene la ventaja de utilizar una información más detallada del objeto de estudio, (por ejemplo, aspectos constructivos y de equipamiento en el caso de metodologías enfocadas a la evaluación de entornos urbanos edificados con potencial de mejora), permitiendo crear modelos con diferentes opciones para poder generar escenarios de actuación. Así pues, los modelos basados en el enfoque *bottom-up* proporcionan una base esencial para el desarrollo de Sistemas Urbanos de Gestión Ambiental (*Urban EMS-Urban Environmental Management Systems*) y su integración con los Sistemas de Información Geográfica (SIG), proporcionando una interfaz visual [54]. Los métodos que siguen este enfoque pueden contribuir en la toma de decisiones tanto a nivel de diseño, o bien pueden servir de apoyo en la toma de decisiones de la administración, a distintas escalas. Otros autores, como Braulio y col. [58] concluyen que son muchos los estudios basados en el enfoque *bottom-up*, centrándose la mayoría en el sector residencial, aunque también están los trabajos en otros sectores como el comercial, administrativo y otros.

Con respecto a los datos que darán soporte a la metodología de evaluación propuesta, puede ser diversa su procedencia o elaboración. Estos datos pueden provenir de extrapolaciones hechas a partir de un conjunto de datos que representen una totalidad, por ejemplo, cuando se realiza una tipificación edificatoria del entorno a estudiar (caso de la presente tesis); en otros casos se puede disponer de una base de datos, de procedencia diversa como las distintas estadísticas que generan las propias administraciones (regionales o nacionales) o bien las que pertenecen a entidades privadas para uso profesional; y otra vía de procedencia de datos pueden ser los métodos de predicción complejos, cuando se desarrolla un modelo matemático o estadístico para predecir un determinado comportamiento, atendiendo a la casuística particular, por ejemplo el comportamiento energético de un parque edificatorio a partir de cada edificio [54].

El modelo evaluación de sostenibilidad debe tener definidas las variables de estudio, las cuales estarán relacionadas con aspectos medioambientales, sociales y económicos. En el caso del sector medioambiental, la mayoría de los estudios se centran en el aspecto energético del edificio, pero no en el impacto ambiental que generan los materiales en sí mismos. La mayoría de los estudios han centrado sus objetivos en reducir las demandas energéticas y las emisiones de gases efecto invernadero por ser las dos variables más objetivas y fáciles de cuantificar, por disponer de herramientas de fácil acceso que permiten su medición, además de estar directamente relacionadas con todas las restricciones que vienen dispuestas en directivas y normativas tanto a nivel nacional como internacional.

La utilización de metodologías BIM (*Building Information Modelling*), son nuevas e innovativas tecnologías que han surgido en los últimos años que ya está integrándose en los procesos

iniciales del ciclo de vida del edificio, en su diseño, con el fin de alcanzar edificios más eficientes y sostenibles. Así pues, se trata de incorporar la metodología en otras etapas de vida del edificio como en el entorno construido en el que se encuentra, de forma que sirva como soporte en la evaluación de la sostenibilidad de los edificios y los entornos urbanos. De forma resumida podemos describir el BIM como un conjunto de datos estructurados que describen un edificio (un producto), para crear un Modelo de Información de Construcción/Edificio (un proceso), comprendiendo una estructura de comunicación que aumentan su calidad y eficiencia. Este modelo de datos de software no solo sirve para documentar el diseño de un edificio, sino también para simular la construcción y su operación (por ejemplo, de una nueva instalación). Como resultado se obtiene una representación digital inteligente y paramétrica de la instalación, rica en datos y basada en objetos, desde la cual se pueden extraer y analizar vistas adecuadas a las necesidades de diversos usuarios para generar retroalimentación y mejorar el diseño de las instalaciones. El Modelo resultante de aplicar BIM representa todo el edificio y el conjunto completo de documentos de diseño almacenados en una base de datos integrada. Toda la información es paramétrica y por lo tanto interconectada. Cualquier cambio en un objeto dentro del modelo afecta automáticamente a los ensamblados y construcciones relacionados, porque el modelo contiene la información relacional necesaria. Esto es bastante diferente a la representación de construcción 2D de dibujos convencionales basados en CAD. Por estas razones, BIM ya ha comenzado a cambiar la forma en que los diseñadores colaboran con consultores y constructores, y también tiene la capacidad de guiar a la industria hacia la producción de edificios que cumplan con los objetivos de desarrollo sostenible.

Tal como se resume en la Imagen 2.3, se podría concluir que, una metodología de evaluación de la sostenibilidad en el campo de la edificación, extrapolable al entorno urbano debería tener, en primer lugar, un enfoque multidimensional que fuera capaz de aunar los tres pilares de la sostenibilidad, el medioambiental, social y económico. En segundo lugar, la metodología debería estar basada en métodos cuantitativos, de manera que los datos no estuvieran sujetos a criterios subjetivos del que realiza la evaluación. Y, en tercer lugar, adoptar un enfoque bottom-up que permita un mejor control de los niveles inferiores del sistema.

Se podrían incluir también, en pro de una mejor visualización de resultados, la utilización de herramientas de procesamiento de datos, tales como los sistemas de Información Georreferenciada (SIG) y metodologías basadas en el modelado de la información BIM.

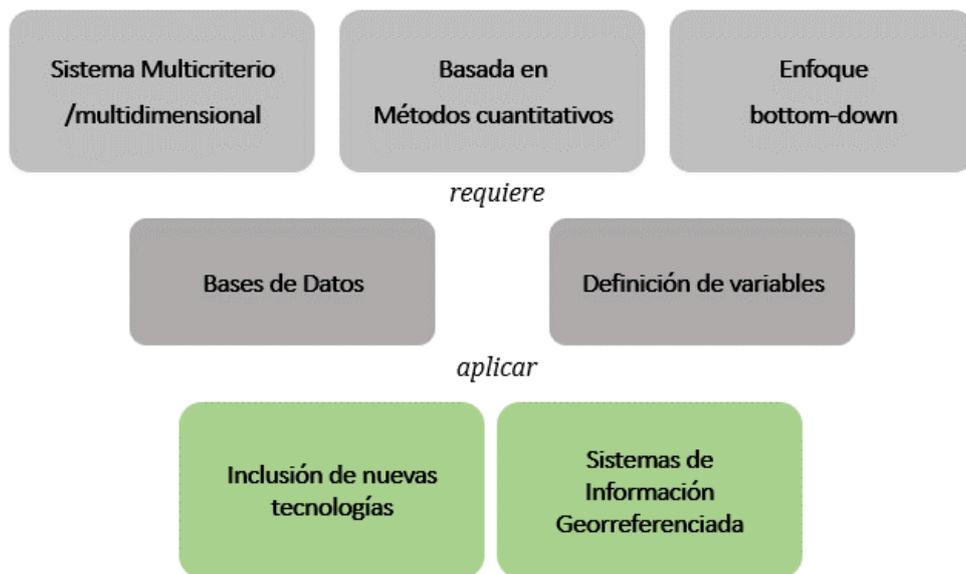


Imagen 2.3 Aspectos a considerar en el diseño de una metodología de evaluación de la sostenibilidad. Elaboración propia.

2.1.3.2. Análisis de las herramientas de evaluación de la sostenibilidad

Hay que buscar las herramientas que nos garanticen una evaluación de la sostenibilidad equilibrada, integradora de las tres dimensiones fundamentales. Estas herramientas deben permitir implementar los conceptos de sostenibilidad desde las fases primeras de proyecto (anteproyecto), la fase de diseño, de modo que aporten un valor añadido al mismo. En el presente apartado se dará una visión general de las herramientas existentes basadas en los métodos de evaluación descritos anteriormente, las más relevantes y que han sido objeto de estudio y/o análisis en la literatura científica estudiada.

Los sistemas de evaluación o herramientas, basados en ACV crean sus propias bases de datos y se implementan en software diseñados específicamente según las zonas geográficas, Berardi [48], relaciona las siguientes herramientas de evaluación: BEES (USA), BOUSTEAD e INVEST (England), SIMAPRO y ECO-QUANTUM (Holanda), Ecoinvent (Suiza) y Gabi (Germany).

En función de los requisitos de calidad que se definan, los datos que utilizan las herramientas de evaluación pueden proceder de una o más fuentes, así pues, existe una extensa relación de bases de datos [52]: *ELCD core database v.II, US Life-Cycle Inventory database v.1.6.0, US IO database, Danish IO database, LCA Fodd DK, Ecoinvent v1.2, Ecoinvent v2.0, IVAM LCA Data v.4.06, Boustead Model v.5.0.12, Athena database v.4, Industry data, Idemat, Buwal 250, ETH-ESU, GEMIS 4.5, Franklin, Banco Bedec, LCA_sostenipra v.1.0.*

2.1.3.2.1 Nivel edificio

Son muchos los autores que analizan la relación de herramientas existentes para la evaluación de la sostenibilidad de edificios, haciendo estudios comparativos en función de su mayor relevancia a nivel internacional y de aquellas a las cuales tienen mayor acceso por su área geográfica o investigadora. Algunos autores denominan a estas herramientas sistemas de certificación [53]. La mayoría de las herramientas conocidas para la evaluación de la

sostenibilidad en el sector de la edificación, han sido desarrolladas en los últimos 20 años [59]. Las más relevantes, por su citación en la literatura científica, son aquellas que trabajan por medio de sistemas de indicadores con distintas bases de datos, estas herramientas son *Building Research Establishment's Environmental Assessment Method (BREEAM)*, *Leadership in Energy and Environmental Design (LEED)*, *Sustainability Building Tool (SBTool)* *Green Building Council (GBC. GBCe-VERDE en España)*, *CASBEE*, y *Green Globes*. Estas herramientas evalúan la sostenibilidad mediante unas calificaciones de evaluación a través de una puntuación de diversos parámetros relacionados con el edificio a evaluar. Las herramientas de evaluación de la sostenibilidad de edificios pueden estar basadas en Análisis de ciclo de vida [51], sistemas de valoración, directrices técnicas, marcos de evaluación, listas de control o comprobación y certificados[16].

Algunos autores que mayoritariamente centran sus estudios sobre evaluación de la sostenibilidad en edificios basados en Análisis de Ciclo de Vida [51], hacen una clasificación de las herramientas más relevantes basadas en esta metodología, Tabla 2.4.

Tabla 2.4 Herramientas de evaluación medioambiental. Adaptada [48].

ECO-QUANTUM	Holanda	Evalua el comportamiento medioambiental: recursos, emisiones, energía y residuos. Obtiene un Indicador Medioambiental.
LEGEP	Alemania	Calcula al demanda y costes energeticos asociados a la fase operacional del edificio, construccion, mantenimiento, rehabilitación y demolición.
BECOST	Finlandia	Calcula emisiones, consumos de energía, materias primas y costes de materiales y soluciones constructivas
ENVEST 2.0	Reino Unido	Evalua 12 categorías de impacto medioambiental, obteniendo una puntuación. Considera materiales constructivos, sistemas energeticos y calcula costes del ciclo de vida
ATHENA	Canadá	Evaluacion medioambiental comparativa en las fases de diseño del edifiico
BEES	EEUU	Comparaciones entre materiales constructivos badasdo en ACV y ACCV
LTE-OGIP	Alemania	Evaluacion del impacto en la fase de construccion y operación del edificio; cálculo de costes y consumos de energía.
ECOEFFECT	Suecia	Evalua impactos internos como el uso de la energía y materiales y ambiente exterior e interior; evalúa costes de inversión, operación y mantenimiento.
ECO-SOFT	Austria	Calcula necesidad de materiales, transporte y energía, emisiones al aire, vertidos al agua y suelo. No valido para estudios ACCV
EQUER	Francia	simulación del ciclo de vida de un edificiol
GREENCALC+	Holanda	El analisis abarca aspectos relacionados con la energía, materiales, agua y movilidad. Obtención de un Índice Medioambiental y evalua costes de prevenir daños mediambientales.

Como se muestra en la Tabla 2.4, se realizan una clasificación de las herramientas por niveles según el objeto de estudio [60]. Incluyen herramientas a nivel producto, que utilizan la metodología ACV. Para la fase de diseño plantean una relación de herramientas de apoyo en la toma de decisiones. Y plantean un tercer nivel de herramientas basadas en el marco de evaluación de la totalidad del edificio.

Tabla 2.5 Niveles de herramientas de evaluación. Adaptada [60].

NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3
Herramientas para comparar productos	Herramientas de apoyo para toma de decisiones en fase de diseño del edificio	Herramientas basadas en un marco de evaluación de todo el edificio o sistema
Gabi (Alemania) SimaPro (Holanda) TEAM (Francia) Lcait	LISA (austria) EcoQuantum (NL) Envest (UK) ATHENA (Canadá) BEE (Finlandia)	BREEAM (UK) LEED (US) SEDA (AUS)

Algunos autores [49], analizan las herramientas de evaluación que están basadas en Calidad Total (TQA), a su vez englobadas dentro de los sistemas multicriterio, siendo las más conocidas, BREEAM, LEED, CASBEE, *SBTool* y *Green Globes*. Se realiza una breve descripción de esta

BREEAM (*British Building Research Establishment Environmental Assessment*) [7], fue el primer país en lanzar un sistema de evaluación multicriterio, antes de que este concepto entrara en las agendas políticas internacionales con la conferencia de Rio. BREEAM fue planificado a principio de los años 90. Fue dado a conocer en 1993, es un sistema de gran difusión en UK. Desde 2009, por la gran aceptación del sistema, se han lanzado versiones internacionales, para Canadá, Australia y Hong Kong. El sistema distingue diferentes tipos de edificios, contemplando distintas categorías de evaluación, tales como, gestión, salud y bienestar, energía, transporte, agua, materiales, uso del suelo, ecología, polución o contaminación y por último innovación. Finalmente, como vemos en la Tabla 2.5, la calificación se expresa en % de éxito sobre un total de puntos disponibles.

Tabla 2.6 Método de puntuación de evaluación BREEAM. Adaptada [7].

Calificación Evaluación BREEAM				
Aprobada	Buena	Muy Buena	Excelente	Excepcional
25%	40%	55%	70%	85%

LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) [6], herramienta desarrollada por Green Building Council US, GBC US, en 1998. Aunque el inicio de LEED está en Estados Unidos, GBC lo ha ido difundiendo por todo el mundo. Este sistema está disponible para diez tipologías de edificios y seis categorías de evaluación para obtener 69 puntos de los posibles, como se observa en la Tabla 2.6.

Tabla 2.7 Método de puntuación de evaluación LEED. Adaptada [6].

Categorías de evaluación	Puntuación (puntos)
Sitio/ubicación	14
Eficiencia en el agua	5
Energía y atmosfera	17
Materiales y recursos	13
Calidad del ambiente interior	15
Innovación y especificaciones regionales	5

Calificación Evaluación LEED			
Platino	Oro	Plata	Certificado
52	39	33	26

SBTool, *International Initiative for a Sustainable Built Environment* [7] [61], a final de los años 90 la Sustainable Building Council promociona la internalización de sistemas de clasificación bajo el liderazgo de NRC, Natural Resources Canada. A partir de esa iniciativa se desarrolla un protocolo común, SBTool, de ahí surge la versión española de evaluación Verde y en otros países, SBTool^{PT}, en Portugal, desarrollada por el *Laboratory of Building Physics and Construction Technology of the University of Minho*, ambas trabajan en el marco de la asociación *International Initiative for a Sustainable Built Environment* (iiSBE). Los criterios evaluados, para el caso particular de VERDE están agrupadas por áreas temáticas, tales como, información de proyecto, parcela y emplazamiento, energía y atmósfera, recursos naturales, calidad del ambiente interior, calidad del servicio y aspectos sociales y económicos, analizando un total de 41 impactos asociados a dichos criterios según analizan los autores Zabalza y Aranda [53]. La evaluación se rige por un sistema de puntos por la reducción de impactos que dará lugar a una calificación que va de 0 a 5 Hojas (a mayor valoración, mayor impacto evitado).

CASBEE, *Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency* [62], es un sistema de clasificación japonés desarrollado en 2001. Cubre una serie de herramientas de evaluación basadas en ACV, aplicándose en las fases de prediseño, en nuevas construcciones, en edificios existentes y en renovaciones. Considera dos categorías de evaluación, por un lado, el rendimiento y la calidad del edificio, cubre criterios como el ambiente interior, la calidad de los servicios y también el ambiente exterior. Y la segunda categoría considera la carga ambiental, cubriendo criterios tales como la energía, los recursos y materiales, el reuso y reutilización, el ambiente exterior, off-site. Una edificación sostenible par CASBEE es aquella que tiene la carga ambiental más baja y la calidad más alta.

Green Globes, [63], esta herramienta de evaluación es la adaptación realizada en 2005, de la versión canadiense BREEAM, incluyen criterios tales como, gestión del proyecto, ubicación, consumos energéticos y de agua, calidad del ambiente interior, uso de recursos, materiales para edificación y gestión de residuos sólidos.

El autor Zabalza [53] hace un análisis y clasificación de las 16 herramientas de evaluación ambiental más relevantes por su representatividad y popularidad en Europa y Estados Unidos y por las similitudes que presentan. Realiza una categorización muy interesante de las mismas en función del tipo de edificio que es objeto de evaluación (nuevo, existente, residencia, oficinas, etc); en función de los usuarios que van a hacer uso de la herramienta (inversores, gestores, consultores, investigadores, etc); en función de la fase de ciclo de vida evaluada (producción, construcción, operación, mantenimiento, demolición), y por último según la base de datos.

Existen dos grandes grupos que clasifican los sistemas o herramientas de evaluación:

- **ATHENA Institute**, [64], esta considera tres niveles:
 - Nivel 1: herramienta que compara productos y fuentes de datos de información, son por ejemplo BEES y ´TEAMTM.
 - Nivel 2: tiene en cuenta todo el edificio, son herramientas de apoyo en la toma de decisiones, son ATHENATM, BEAT 2002, BeCost, Eco-Quantum, Envest 2, EQUER, LEGEP, PAPOOSE.
 - Nivel 3: son sistemas o marcos integrales de evaluación de todo el edificio, BREEAM, LEED, EcoEffect, EcoProfile, Environmental Status Model.

- **IEA, Annex 31**, (*Institut Energy Assessment*), establece cinco categorías de herramientas, las primeras tres categorías proporcionan métodos de cálculo y evaluación, lo cual permite al usuario o a quien tenga que tomar decisiones explorar de una manera interactiva una gama de opciones. Las categorías 4 y 5 no permiten la interacción con el usuario.

1. Software de modelización energética
2. Herramientas basadas en LCA para edificios nuevos y existentes. Se incluyen las de los niveles 1, 2 y y EcoEffect y ESCALE del nivel 3, según la clasificación de ATHENA
3. Marcos de evaluación ambiental y sistemas de clasificación, incluiría BREEAM, *EcoProfile*, *Environmental Status Model* y LEED.
4. Guías sobre medioambiente o listas de control para la gestión y diseño de edificios.
5. Declaraciones Ambientales de Productos (DAP), Catálogos, Información de Referencia, Certificaciones y Etiquetas.

Algunos estudios científicos se basan en distintas herramientas de evaluación de la sostenibilidad para realizar estudios comparativos, así por ejemplo otros autores, [65], hacen un estudio sobre el método empleado para evaluar las emisiones de carbono mediante el análisis de las herramientas de evaluación medioambiental de los edificios de: BREEAM, BEAM Plus, LEED, CASBEE, Mark Green. En relación con su ponderación, analiza las etapas que tratan la evaluación de carbono, la objetividad de la evaluación, la línea base y los mecanismos de evaluación comparativa.

Los documentos normativos y técnicos que regulan la sostenibilidad en la edificación pueden agruparse en tres niveles de relevancia, en primer lugar, como ya hemos visto anteriormente, la normativa vigente a nivel tanto internacional como su adaptación a las bases técnicas propias de cada país. En segundo lugar, las certificaciones medioambientales (que se realizan a través de herramientas), las cuales detallan de forma más completa la evaluación de la sostenibilidad, cuantificando y controlando de manera integral los aspectos de la sostenibilidad. Y por último los estándares de construcción, son niveles más exigentes y controlan determinados temas que ejercen gran influencia en la sostenibilidad, un ejemplo de estos es el estándar Passivhaus, siendo todavía un estándar de aplicación muy reducido en la construcción, [39]. El estándar Passivhaus se basa principalmente en cuidar la calidad de la ejecución de la envolvente de los edificios al máximo, así como también las instalaciones de ventilación. Dado que la estanqueidad resultante del edificio es prácticamente total, las instalaciones de ventilación/renovación de aire a través de intercambiadores de calor cobrarán la máxima importancia. El objetivo final será tener un edificio cuyo comportamiento energético sea el óptimo. Los indicadores de sostenibilidad sobre los que trabaja el estándar Passivhaus, son principalmente relativos a aspectos energéticos, resultando edificios con una mínima demanda energética y por tanto mínimas emisiones de gases efecto invernadero.

En el ámbito europeo según la directiva EPBD, *Energy Performance of Building Directive*, se habla de “*net zero energy building*”, es decir, hay que tender hacia costes mínimos de energía, ello hace que el estándar pasivo, pueda ser una buena opción por las opciones que plantea y forman parte de la propia idiosincrasia del estándar. En España es el Código Técnico de la Edificación (CTE), el que con sus actualizaciones rige normativamente las directivas europeas. Con las últimas revisiones que se plantean dentro del marco del CTE, se van aproximando cada vez más a los criterios del estándar Passivhaus. Los edificios diseñados y construidos con el estándar Passivhaus, puede además certificarse para verificar la garantía de calidad. Para ello se utiliza la

herramienta de evaluación PHPP, para el análisis del balance energético de los edificios. La herramienta puede simular diferentes variantes energéticas calculando además la amortización económica en función del coste [53].

2.1.3.2.2 Nivel urbano.

La tendencia actual se dirige hacia una evaluación de la sostenibilidad más integradora, donde no solo se tenga en cuenta el propio edificio con sus componentes sino también la dimensión urbana, el entorno construido en el que se encuentra, analizando la población, la movilidad, los transportes públicos y servicios de que dispone, etc, con el objeto de estudiar la interacción entre las distintas partes y favorecer el desarrollo de ciudades más sostenibles. Algunas de las herramientas que hemos visto en la evaluación de edificios analizan aspectos urbanos, *BREEAM Communities*, *CASBEE for Urban Development and LEED for Neighborhood Development*, *EarthCraft Communities* o *Green Star Communities*. Está aumentando el interés hacia sistemas de certificación por parte de las autoridades, inversores y promotores inmobiliarios, como un atractivo publicitario.

La evaluación urbana permite la comparación de municipios, distritos, áreas urbanas y sirven de soporte en los procesos de toma de decisiones a autoridades, a urbanistas u otros relacionados[14], [15]. Los edificios son una componente muy importante del entorno urbano, no hay que pensar que la sostenibilidad a este nivel es una mera aglomeración de edificios, aunque tengan un impacto ambiental cero o casi (*nZiBE, near Zero Impact Built Environment*). Los sistemas de transporte, gestión de los residuos, gestión de producción y distribución de energía, el agua, u otros, tienen una repercusión importante también en el estudio de la sostenibilidad a escala urbana. El reto es desarrollar entornos urbanos sostenibles, que proporcionen unas buenas condiciones de vida y sean asequibles con el mínimo impacto ambiental.

Así pues, teniendo en cuenta que las ciudades deben adaptarse a los cambios y satisfacer las necesidades y el bienestar de la población, las herramientas de evaluación de la sostenibilidad deberán contemplar indicadores que abarquen el mayor rango posible de las tres dimensiones. Se está trabajando en adaptar herramientas con el fin de incorporar las comunidades urbanas en la evaluación [59]. Por ejemplo, tal como recoge la Tabla 2.7 [66], la herramienta de evaluación de la sostenibilidad SBToolPT-UP contempla una relación de indicadores relacionados con las tres dimensiones de la sostenibilidad, incluyendo indicadores extra, uno de ellos relacionado con las tecnologías de la información y comunicación.

Tabla 2.8 Relación de indicadores de estudio en la evaluación SBTool. Adaptada [66].

Dimensión	Categorías	Indicadores de Sostenibilidad
Medioambiental	Forma urbana	Plan solar pasivo
		Potencial de ventilación
		Red urbana
	Uso del espacio y la infraestructura	Natura
		Densidad y flexibilidad de usos
		Reuso de áreas urbanas
		Rehabilitación del entorno construido
		Red técnica de infraestructura
	Ecología y Biodiversidad	Distribución de espacios verdes
		Conectividad entre espacios verdes
		Vegetación autóctona
		Monitorización ambiental
	Energía	Eficiencia energética
		Energía renovable
		Gestión de centralización de la energía
	Agua	Consumo de agua potable
		Gestión de centralización del agua
		Gestión del agua residual
Materiales y residuos	Materiales sostenibles	
	Residuos de construcción y demolición	
	Gestión de los residuos sólidos urbanos	
Social	Confort	Calidad del aire
		Confort térmico
		Contaminación acústica
		Polución
	Seguridad	Seguridad en las calles
		Riesgo natural y tecnológico
	Comodidades	Proximidad a los servicios
		Entretenimiento
		Producción local de comida
	Movilidad	Transporte público
		Accesibilidad peatonal
		Redes ciclistas
	Identidad local y cultural	Espacios públicos
		Valoración del patrimonio y el paisaje
		Integración e inclusión social
Económica	Promoción de empleo e inversión	Viabilidad económica
		Economía local
		Empleabilidad
Extra		Edificios sostenibles
		Tecnologías de la información y comunicación

Se puede concluir de la revisión científica de las herramientas de evaluación de la sostenibilidad que, existen multitud de herramientas de evaluación de forma que no favorecen su implantación [49], presentando cierta subjetividad en la selección de criterios, indicadores y normalización. Si bien es cierto que las normas tratan de aunar marcos comunes en la evaluación de la sostenibilidad, sería necesario que la estandarización de los sistemas de evaluación se desarrollara con una visión universal, pues como se ha observado, el estudio o el análisis comprende herramientas no solo en el marco europeo. Todo ello con objeto de llegar a un consenso global. Pero al mismo tiempo, es importante que los modelos sean adaptables/parametrizables/configurables a las condiciones locales de cada país y región, para que realmente sea efectiva la evaluación de la sostenibilidad.

Como indica Berardi [49], la mayoría de los sistemas de evaluación no tienen en cuenta la dimensión económica, ello conlleva el desconocimiento de las consecuencias económicas que puede tener una elección más o menos sostenible. Para el autor la dimensión social no está lo suficientemente considerada en su mayoría.

Los sistemas multicriterio TQA o basados en una estructura de check-list, tienen mayor aceptación que los basados en Análisis de Ciclo de Vida (ACV/LCA) por su simplicidad, pues, aunque los sistemas de análisis LCA sean más rigurosos, son más difíciles de entender y su difusión está limitada a unos pocos especialistas. Es evidente que, los sistemas de evaluación de la sostenibilidad necesitan adaptaciones del lugar donde esté ubicada la construcción, para poner requerimientos sostenibles contextualizados en su entorno. Por ejemplo, el sistema LEED, en la versión 3, ha introducido puntos para prioridades regionales que evalúan aspectos locales. Una tendencia importante es el aumento en la atención al vecindario y el lugar de construcción. Aunque hay una gran y rápida difusión de sistemas de evaluación, todavía deben ser mejorados en aspectos sociales y económicos, también a largo plazo (ciclo de vida) y todo ello sin aumentar la complejidad de los sistemas de evaluación.

Según Appu, [15], no todas las herramientas de evaluación especifican para qué tipos de edificación están disponibles, ni si para la totalidad o una parte de esta, o si solo van destinados a evaluar productos, por lo tanto, no pueden utilizarse a efectos de comparación. Además, la misma herramienta puede tener distintas versiones según el tipo de edificio que vaya a evaluar, es el caso de BREEAM y LEED, para reconocer las exigencias específicas de los edificios en cada caso. Este autor plantea la realización de encuestas a los usuarios de las herramientas de evaluación ambiental con el objeto de clarificar cuál son los factores que influyen en la elección de la misma, tales como, el precio de la herramienta, su disponibilidad, idioma, la parte del ciclo de vida que estudia, etc. La experiencia de los usuarios puede utilizarse para desarrollar herramientas y normas. Respecto al tamaño de la base de datos, dependerá de los usuarios y sus necesidades, de ahí que la puesta al día de estas sea un reto, debido al desarrollo constante de herramientas, procesos y productos. No todas las bases de datos permiten añadir datos (por ejemplo, ATHENA o Eco-Quantum) otras permiten añadir o modificar (BRE, BEAT 2002), etc. Se convierte en una dificultad, si no imposibilidad, comparar los resultados de diferentes evaluaciones ambientales por la variedad de bases de datos con sus propias exigencias. Los usuarios hasta cierto punto necesitan diferentes tipos de datos, pero no necesariamente los necesitan de forma simultánea.

En general, las herramientas deberían permitir la optimización y comparación entre diferentes soluciones, y recomendar la mejor solución que sustituyera a la menos sostenible. Cuando un producto o una solución cambia en una parte del proyecto/edificio puede causar cambios en muchos más lugares, metodologías BIM (*Building Information Modelling*) pueden contribuir en facilitar este aspecto. Otro problema es el uso de datos y criterios cualitativos, dando lugar a interpretaciones subjetivas de la evaluación si no se hacen comparaciones en base a criterios con unos puntos de referencia. Cuando un usuario elige una herramienta está forzado u obligado a un cierto modelo, por eso la comparación de los resultados con los de otras resulta imposible, así pues, surge la dificultad de comparación de las calificaciones entre las distintas herramientas conocidas y más aplicadas. Si se utiliza la herramienta según reporte mayor o menor beneficio, pone en cuestión la fiabilidad de esta.

2.1.3.3. Nuevas metodologías aplicadas a la evaluación de la sostenibilidad. (BIM)

La metodología, BIM, puede utilizarse como soporte para gestionar toda la información necesaria para la evaluación de la sostenibilidad de la construcción de un edificio. La bibliografía científica lo califica como un método apropiado para alcanzar construcciones sostenibles. Permite una mejor calidad de la información revertiendo ello en una reducción de costes, en facilitar el análisis de distintas alternativas que mejoren la eficiencia o rentabilidad de la solución y por tanto asesorar en la toma de decisiones (aspecto económico). Con BIM se pueden hacer simulaciones que evalúen distintos parámetros, tales como la luz, lo cual revierte en un mejor estudio desde el punto de vista de mejoras en las condiciones de trabajo o habitabilidad (aspecto social). BIM puede ser aplicado para hacer análisis energéticos (aspecto medioambiental). Queda por mejorar y estudiar con mayor profundidad la capacidad de BIM para evaluar los aspectos de sostenibilidad en toda la vida del edificio y ello será posible con la integración de las herramientas de LCA. Se dice que BIM tiene un gran potencial como medio para alcanzar la sostenibilidad en la industria de la construcción, pero que actualmente está infrutilizado en ese sentido por la falta de interoperabilidad.

Europa, Dinamarca, Finlandia y Noruega han sido de los primeros países en añadir la metodología BIM en el proceso constructivo. En el caso de Finlandia, *Senate Properties*, agencia de servicios inmobiliarios estatal, exige el uso de esta metodología en el desarrollo de los proyectos desde el año 2007. El ministerio de Interior holandés exige la utilización de BIM desde 2012 para grandes proyectos de explotación y mantenimiento. El Reino Unido inició una estrategia para que los proyectos del gobierno utilicen BIM desde el año 2016. Otros países como Francia y Alemania empezaron a establecer esta metodología en el año 2018 [67]. Fuera de Europa, es en EE. UU. donde la incorporación de BIM tiene más calado, desde 2003 *General Services Administration* estableció el *National 3D-4D-BIM Program*.

En julio de 2015 el gobierno español inició la implantación del BIM en nuestro país, constituyéndose una Comisión para la implantación de la metodología BIM, cuya misión es [67]:

- Impulsar la implantación de BIM en la industria de la construcción española; Fomentar el uso de BIM en todo el ciclo de vida de las infraestructuras;
- Sensibilizar a las administraciones públicas en el establecimiento de requisitos BIM en las licitaciones de infraestructuras con el objetivo de reducir sus costes;
- Establecer un calendario para la adaptación de la normativa para el empleo de BIM;
- Desarrollar los estándares nacionales que posibiliten el uso homogéneo de BIM;
- Realizar el mapa académico de la formación BIM en España y promover su inclusión en planes de estudio;
- Promover la digitalización de los trabajos derivados del desarrollo de las infraestructuras, desterrando el formato físico, con el consiguiente ahorro económico y medioambiental.
- Fomentar la aplicación de "Open BIM", es decir, que todas las operaciones relacionadas con BIM se basen en estándares abiertos y universales, interoperables entre sí.
- Apoyar un mayor y mejor posicionamiento de la industria española en el mundo a través del empleo de la metodología BIM.
- Afianzar la participación de España en los foros de decisión internacionales

Con estas actuaciones, promocionadas por la propia administración española, es evidente que el enfoque de la metodología que se proponga para el estudio de la evaluación de la sostenibilidad en la edificación que se pretende en esta tesis, debe estar inmerso en la metodología BIM para dar respuesta a las necesidades actuales.

En la literatura científica ya encontramos numerosos trabajos sobre la aplicación de la metodología BIM en el campo de la construcción y más recientemente en el caso particular de la sostenibilidad. Los autores [55], hacen un estudio sobre la integración de las metodologías ACV-BIM con el objetivo de obtener un método adecuado de toma de decisiones, de forma que los diseñadores no tengan que ser expertos en la aplicación de LCA. El autor plantea dos enfoques de integración, uno basado en la evaluación del ciclo de vida completo de la construcción, que siendo más preciso es más complejo y se requiere más investigación en este campo para que sea posible; y el segundo, principalmente orientado a los materiales, selección de materiales y productos. Hay que tender hacia el primer enfoque que es más preciso. LCADesign (*Life Cycle Analysis of Design*), es un software que alcanza de una manera efectiva la integración LCA-BIM. Se trata de una herramienta que extrae directamente información desde el modelo BIM utilizando un formato de intercambio de datos IFC, también permite comparar diferentes alternativas. Herramienta que facilita la integración del diseño ecoeficiente, la construcción y la gestión dentro de la arquitectura e ingeniería. Permite la toma de decisiones sobre el impacto ambiental proporcionando medidas de evaluación ambiental para diferentes materiales, productos y diseños automáticamente desde CAD 3D o desde BIM (*Cooperative Australian*).

Algunos estudios proponen una metodología que integra BIM y herramientas de análisis energético con sistemas de certificación verde de edificios, en este caso para el sistema LEED, y aplicado todo ello en la fase de anteproyecto, a ser posible. El objeto es seleccionar la mejor opción entre diferentes alternativas de diseño. Shoubi y col. [68] Imagen 2.4, evalúan la reducción de la demanda energética para diferentes alternativas constructivas en busca de la

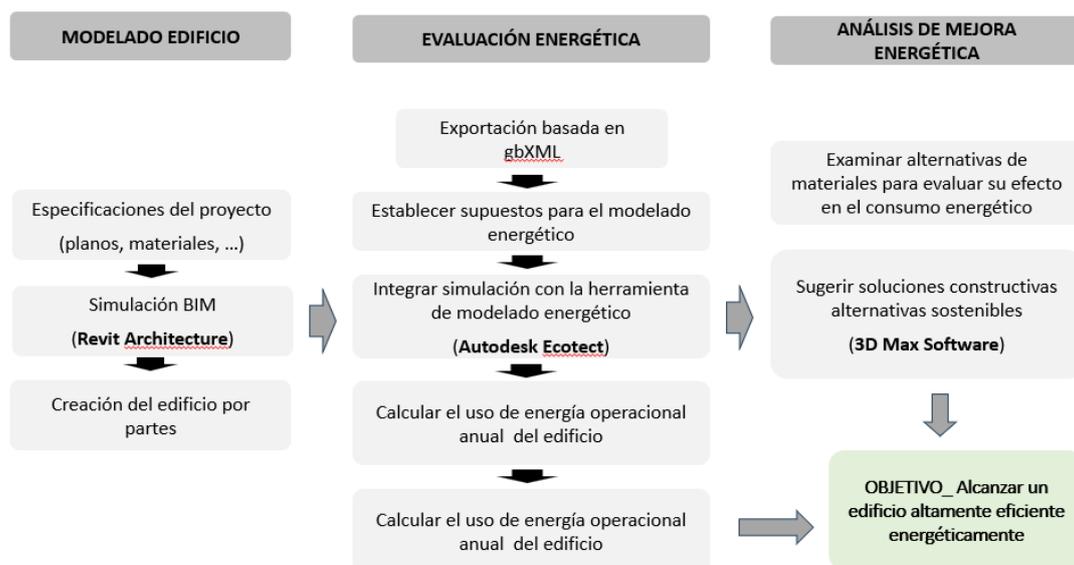


Imagen 2.4 Metodología de evaluación energética basada en BIM. Adaptada [68].

solución más sostenible, para ello se apoyan en la metodología BIM, utilizando las herramientas *Revit Architecture* y *Autodesk Ecotec Analysis software*. Esta es una herramienta de análisis de diseño sostenible de edificios. Los autores [69], realizan un estudio cuyo objetivo es examinar las contribuciones que el modelado de información de construcción (BIM) puede hacer en la producción de diseños de edificios sostenibles, desde el punto de vista del funcionamiento del diseño y mejora de la comunicación y coordinación. Los autores pretenden demostrar esa contribución BIM al diseño sostenible de edificios desde dos perspectivas, BIM permite una ejecución de proyectos de manera integrada y una optimización del diseño, pero aun así cree que todavía existen barreras para adoptar BIM en el diseño sostenible. La Imagen 2.5 ilustra el flujo de trabajo BIM indicando los softwares de aplicación disponibles en el mercado actualmente. Describe dos pasos principalmente, el primero donde se crea el modelo base con el software inherente a BIM y el segundo paso es la exportación de este modelo a las herramientas de análisis apropiadas.

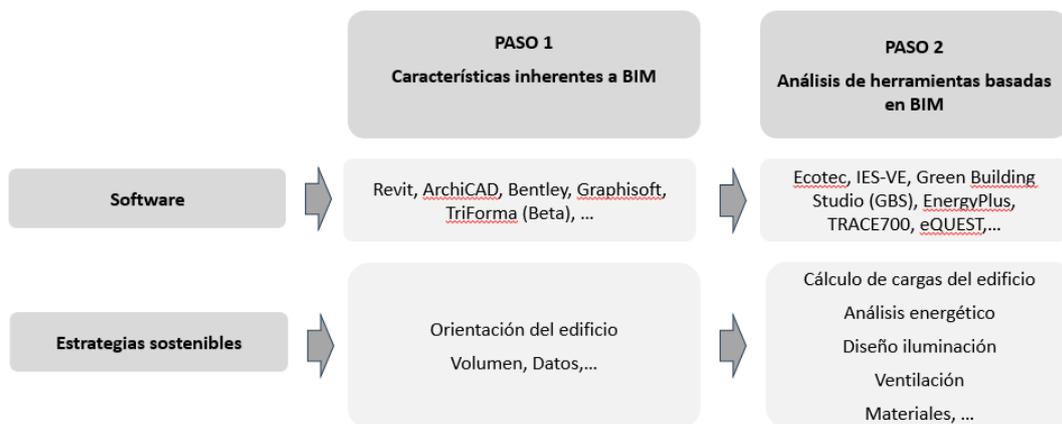


Imagen 2.5 Flujo de trabajo BIM aplicado a la evaluación de la sostenibilidad. Adaptada [69].

Para el autor la integración de BIM durante las fases de diseño permite una toma de decisiones más racional, considerando una excelente metodología para alcanzar las tres dimensiones de la sostenibilidad, justificándolo como sigue:

- Aspecto medioambiental: BIM permite ejecutar un proyecto integrado y un diseño optimizado resultando en una reducción de materiales y energía.
- Aspectos sociales: fomenta la comunicación y colaboración entre el equipo de trabajo que está desarrollando el proyecto de construcción.
- Aspecto económico: al mejorar la comunicación y colaboración el equipo puede anticiparse a los problemas de forma más temprana, mejora la gestión de la información evitando errores de diseño que pueden resultar en incremento de costes. Además, la optimización en el diseño también puede derivar en mejoras en la eficiencia energética del edificio, mejora en la elección de materiales, etc.

El Diseño sostenible con la metodología BIM y su conexión con otras metodologías de evaluación de la sostenibilidad.

Muchos investigadores han abordado las sinergias o concordancias entre la metodología BIM y el sistema de evaluación de la sostenibilidad LEED, haciendo propuestas de integración a nivel de sistema de BIM y LEED, [70] [71] Otros autores, [72], estudiaron cómo la metodología BIM podría facilitar el proceso de certificación LEED con la optimización de análisis de diseño, gestión de la información, la generación de documentación y revisión de la certificación.

El autor Azhar, [73] han investigado sobre la interacción entre la metodología BIM y el sistema de evaluación de la sostenibilidad LEED, uno de los sistemas más extendidos en Estados Unidos. El autor demostró que la valoración o puntuación LEED puede ser mejorada con un uso apropiado de BIM o BIM-herramientas basadas en análisis. En la medida que BIM permite introducir en el modelo esa información multidisciplinar, que requiere un proceso de certificación LEED (forma del edificio, materiales, contexto, sistemas eléctricos, fontanería, A/C, etc.), ello crea u origina la oportunidad de llevar a cabo ese análisis de manera precisa y eficiente en comparación con métodos más tradicionales. Desarrollan un marco conceptual para establecer la relación entre BIM (análisis de la sostenibilidad basado en BIM) y el proceso de certificación LEED. Los resultados de este estudio indican que la documentación que apoya la obtención de créditos LEED® puede ser preparada directa o indirectamente utilizando los resultados de sostenibilidad procedentes del software de análisis de sostenibilidad BIM. Este proceso podría agilizar el proceso de certificación LEED® y ahorrar tiempo y recursos que de otro modo requeriría el uso de los métodos tradicionales. Los autores exponen la relación entre la metodología de análisis de la sostenibilidad basas en BIM y el sistema de valoración de la sostenibilidad basado en créditos LEED. También indican la fase del proyecto en la que la documentación debe estar preparada para obtener los créditos correspondientes. Finalmente llegan a las siguientes conclusiones:

- No existe una relación directa entre el proceso de certificación LEED y los análisis basados en BIM, ello es debido a la falta de funciones de integración LEED en el software disponible actualmente.
- Algunos de los resultados de BIM pueden ser utilizados directamente, no todos, para generar la documentación LEED, hasta 17 créditos LEED, aunque este estudio solo ha verificado 5.
- El software de sostenibilidad basado en BIM, genera resultados muy rápidamente en comparación con los métodos tradicionales. Esto significa que un modelo de información de construcción se puede utilizar como un subproducto para ejecutar estos análisis. Esto podría ahorrar tiempo y recursos considerables.

Green BIM [71] es un nuevo término que se refiere a la adopción del estudio de la sostenibilidad en los edificios conjugando la metodología BIM y la edificación verde o sostenible, en base a sistemas de evaluación LEED. El objetivo de esta investigación es la creación de un prototipo que facilite prácticas “Green BIM” de forma sistemática sobre la base de los procesos de negocio claramente definidos y la planificación de la ejecución.

2.1.3.4. Propuestas de marcos/modelos para la evaluación de la sostenibilidad

Son cuantiosas las herramientas para la evaluación de la sostenibilidad que encontramos en la bibliografía científica, pero que se encuentran con problemas frente con los métodos de evaluación y los sistemas marco empleados, socavando ello en gran medida su credibilidad y aplicabilidad. Kang [74] propone un modelo sistemático para una herramienta de evaluación basado en un marco estructural. Basándose en el análisis de herramientas de evaluación que se incluyen dentro del marco EIA (*Environmental Impact Assessment*) establece un marco estructural para la evaluación del comportamiento de la construcción sostenible, para luego desarrollar un modelo de evaluación, proponiendo finalmente un caso para verificar la herramienta. Según el autor falta conexión entre las herramientas de evaluación existentes y el concepto de sostenibilidad. Hace una clasificación de herramientas de evaluación según Reijnders, basada en criterios (BREEAM, LEED, CASBEE), en puntuaciones y en ACV (ATHENA, BEES, Eco Quantum, Eco Effect, Envest).

La revisión bibliográfica más actual coincide en que la evaluación de la sostenibilidad se realice dentro de la metodología de Análisis de Ciclo de Vida. El método de ACV ha sido utilizado durante mucho tiempo para la evaluación medioambiental de productos en el ámbito de la industria, su aplicación en el sector de la construcción de la edificación es reciente. El método permite una evaluación exhaustiva y una optimización de los procesos de construcción desde el punto de vista de la evaluación medioambiental. LCA, marco basado en ISO 14040. Algunas propuestas metodológicas basadas en ACV, incluyen las tres dimensiones de la sostenibilidad, buscando simplificar el procedimiento, de manera que tenga menos iteraciones y por tanto sea un método más directo [54]. Algunos autores [75], desarrollan un marco para la evaluación de la sostenibilidad basado en la Evaluación sostenible del ciclo de vida, LCSA, (*Life cycle sustainability assessment*), donde combinan LCA, LCC y el impacto social. De la aplicación del método obtienen un índice de impacto de ciclo de vida (LCII, *Life cycle impact index*), con el objeto de ayudar a equipos de trabajo en la selección de las alternativas constructivas más sostenibles.

Estos autores concluyen que un marco basado en el índice de impacto del ciclo de vida puede

Tabla 2.8 Marco de evaluación de la sostenibilidad basado en ACV. Adaptada [75].

MARCO	METODOLOGIA	ACV	Define objetivo
			Inventario
			Evaluación
		Interpretación	
		Definir INDICADORES	Por categorías:
			Ambientales
	Sociales		
	Definir ALTERNATIVAS CONSTRUCTIVAS	Económicos	
		B1	
		B2	
		B3	
	RESULTADOS	Simulación ENERGETICA	...
			Electricidad KWh
		INDICADORES de IMPACTO	Gas natural GJ
CO2, SO2, MJ, ...			
HH, Smog			
INDICES de IMPACTO		Costes construcción, uso, demolición	
		Ponderaciones	
	Escenarios		

ser generalizado para un ancho espectro de tipos de edificios, pudiéndose determinar las ponderaciones de los indicadores para condiciones específicas, tales como el tipo de edificio, la localización geográfica, etc. Proponen desarrollar una extensa base de datos que defina ponderaciones y además faciliten el proceso de toma de decisiones en la selección del diseño de los proyectos.

Otros autores [76], plantean una metodología tomando como base la estructura ISO 14040:2006 referente a la gestión ambiental y el ACV, siendo el objetivo realizar *“un análisis de costes e impactos ambientales y sociales en el ámbito de la construcción de edificios teniendo en cuenta todo el ciclo de vida, de una manera sistematizada, flexible, simple, holística y enfocada a la comparación de resultados”*. En base a este análisis metodológico, la toma de datos se centra alrededor de la definición de la tipología constructiva que sirve de base al modelo con el que simular y evaluar los impactos en el ciclo de vida como eje cuantitativo para la evaluación de construcción sostenible. La metodología planteada por el autor en la Imagen 2.6 se emplea para determinar cualquier tipología constructiva, engloba cinco fases, las cuales nos permitirán determinar las variables fundamentales a cuantificar para definir los arquetipos urbanos, siendo:

1. Definición del sistema y características generales del estudio edificio
2. Recopilación de la documentación necesaria que se utilizara en la metodología parametrización
3. Procesado de la información y realización de inventario de datos
4. Con los datos del inventario realizar cálculos y el ACV Definición de las variables y cuantificación de estas.
5. Exposición de resultados

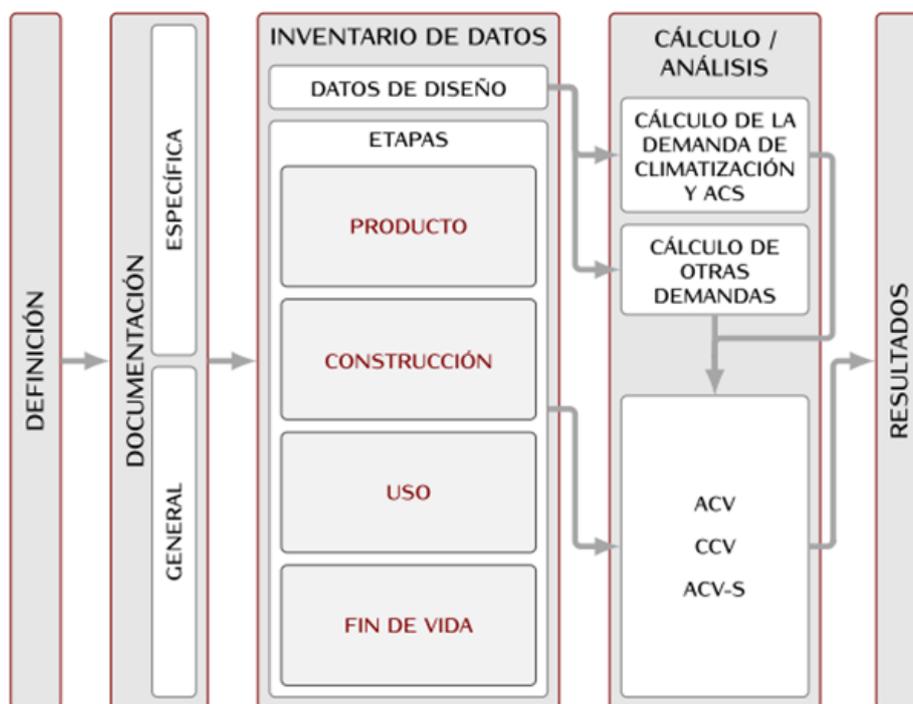


Imagen 2.6 Metodología para caracterización de tipologías urbanas [76]

2.1.4 Conclusiones del estado del arte sobre SOSTENIBILIDAD.

Aspectos relevantes a la hora de evaluar la sostenibilidad de un edificio:

1. Marco normativo. Hay que partir de un marco normativo común, que debe ser el marco internacional, y para ello tener como base la normativa ISO UNE EN, referente a la Evaluación de la Sostenibilidad y la Gestión Ambiental. Esta normativa define qué es la evaluación de la sostenibilidad y los aspectos que lleva implícita para que sea una evaluación integradora y real, deberá tener en cuenta aspectos medioambientales, económicos y sociales, para que al final haya una armonía y coherencia en todo su conjunto.

Definir las categorías e indicadores de impacto ambiental, social y económico a partir de las normas marco para la evaluación del comportamiento ambiental, social y económico respectivamente, UNE EN 15643-1, 15643-2 y 15643-3. La elección de categorías e indicadores estará en función de los objetivos de estudio según el caso.

2. Ciclo de vida de un edificio. La evaluación de la sostenibilidad no solo puede analizarse en etapas concretas del ciclo de vida de un edificio. Desde la potenciación de mayor sensibilidad contra el cambio climático, el aspecto medioambiental ha promovido el estudio e investigación para reducir su impacto, hasta el punto de que la mayoría de las herramientas se han centrado en la fase de uso u operacional del edificio, sobre todo en el aspecto sobre el comportamiento energéticos. Superada esta fase, es momento de desarrollar métodos que integren todas las fases de un proyecto, pues a medida que el edificio va siendo más eficiente, cobran relevancia las otras fases, desde que se concibe la idea de su ejecución (ubicación, destino, uso) siguiendo por las fases de diseño (elección de materiales, soluciones constructivas, sistemas de producción de energía,...), etapa de construcción, uso (integración de tecnología para optimizar su rendimiento), hasta su desmantelamiento final y reciclaje de los materiales y productos.

Así, pues el marco normativo ISO UNE EN ha de envolver la evaluación de la sostenibilidad que además está basada en el Análisis de Ciclo de Vida, ACV. Las herramientas existentes que se basan en el ACV son complejas, es necesario desarrollar un método/modelo/herramienta basada en ACV que de soporte a la toma de decisiones a lo largo de todo el ciclo de vida del edificio. Ya existen estudios en esta línea.

Es necesario unificar criterios comunes a la hora de hacer una evaluación de la sostenibilidad dentro de un marco común, normativo. Unificación de criterios como la vida útil, la unidad funcional, los límites del sistema, las categorías de impacto, el método de evaluación del impacto, la base de datos y su aplicación, las herramientas. No todas las herramientas basadas en ACV cumplen lo expuesto.

3. Dimensión Económica. La mayoría de los sistemas de evaluación no tienen en cuenta el aspecto económico en su evaluación. Para que una herramienta sea útil para los distintos intervinientes, desde el promotor, diseñador, constructor, usuario, etc., deberá tenerse en cuenta el aspecto económico en toda su magnitud, permitiendo el sistema de evaluación adaptarse a la coyuntura económica. Los costes y su control son un aspecto muy limitador en la toma de decisiones en el ámbito de la construcción, hasta tal punto que, a menos que las imposiciones sean administrativas, el factor económico será más relevante que el aspecto sostenible en la decisión final. Además, tiene que tratarse de un enfoque económico del ciclo de vida (*Life Cycle Cost, LCC*) del edificio, pues una inversión en las fases iniciales podrá revertir en

una optimización económica de fases posteriores. Así pues, integrar el LCC, Análisis de costes del ciclo de vida en la Evaluación de la Sostenibilidad en la Edificación.

4. Dimensión Social. Algunas de las categorías e indicadores que se indican en la normativa UNE EN sobre Evaluación de la Sostenibilidad, evalúan el aspecto social de la sostenibilidad a las que hacen referencia. Algunas de ellas pueden medirse con una de las herramientas que trabaja en el entorno BIM (*Autodesk Ecotec Analysis*).

5. Bases de Datos. En general, las bases de datos existentes dan soporte a las herramientas para las que han sido desarrolladas, siendo muchas de ellas de código cerrado y cuya información aportada está acotada en función del uso de la herramienta a la que sirven. Estas bases de datos, en general

- . Hacen referencia a materiales, materias primas. Es necesario una ampliación hacia productos y elementos constructivos relacionados directamente con la construcción de edificación, que faciliten el análisis de la evaluación.

- . No incluyen costes, estos son necesarios, en la fase de evaluación económica del proyecto, contribuyen a optimizar la solución propuesta mediante equilibrio coste-sostenibilidad. Para ello debe rediseñarse una base de datos que incluya, aparte de rendimientos y costes, los indicadores de sostenibilidad ambiental o social que interese. Hay que considerar diferentes fases a lo largo del ciclo de vida donde el factor económico puede ser determinante, sin entrar en la parte operacional o de uso que ya ha dado buena cuenta de ello la cantidad de herramientas desarrolladas para estudiar esta fase del ciclo de vida. Así pues, con la incorporación de costes en las bases de datos se facilitan los estudios en las distintas fases del proceso de un edificio:

La fase de **viabilidad** del proyecto, políticas medioambientales pueden premiar aquellos proyectos cuya sostenibilidad esté justificada de manera objetiva y además sea cuantificable mediante indicadores de sostenibilidad relevantes.

Fase de **diseño** de proyecto, el proyectista podrá diseñar un edificio sostenible pero además viable económicamente.

Fase de **construcción**, en la fase de licitación, sea administrativa o privada, el aspecto económico en la mayoría de los casos es determinante, es futuro inmediato promocionar políticas de sostenibilidad que premien el desarrollo de proyectos de construcción sostenibles y con tecnologías facilitadoras del proceso (BIM).

Las bases de datos son necesarias ya que permiten cuantificar los datos de entradas y salidas de las evaluaciones, para aportar información tecnológica, medioambiental, etc., de los materiales y productos más relevantes, a ser posible tienen que proceder de fuentes garantizadas, como son las Declaraciones Ambientales de Productos, DAP.

Lo ideal sería que la misma base de datos que tienen los programas de mediciones y presupuestos, tuvieran incluida la información de los indicadores de sostenibilidad junto al resto de materiales que componen el precio descompuesto del elemento constructivo correspondiente. Algunos organismos como Cype Ingenieros o ITec (Instituto Tecnológico de Catalunya) han desarrollado bases de datos que incluyen Análisis de Ciclo de Vida, permitiendo

obtener datos cuantificados de indicadores de sostenibilidad. En la presente Tesis se pretende esclarecer el alcance del contenido informativo medioambiental del software Cype y presentar resultados.

Así pues, es importante proponer una BBDD de soluciones constructivas eficientes, con bajo consumo energético o energía embebida, con una producción de residuos y contaminación mínima, que proporcionen la máxima reciclabilidad y reutilización de los residuos de demolición posible. Además, tienen que ser abiertas para facilitar al usuario inclusión de datos y adaptación al espacio-tiempo.

6. Gestor de herramientas, BIM.

Con la introducción de la herramienta/metodología BIM estamos ante un nuevo paradigma en la forma de trabajar en el sector de la construcción y no solo en el aspecto profesional, también en el administrativo, académico e investigador. El mercado profesional está demandando nuevas competencias a los profesionales del sector de la construcción. Y paralelamente la administración impone sus exigencias disponiendo normativas.

Ante el nuevo marco normativo que la administración pública está diseñando, con el objeto de implementar BIM como metodología obligatoria en proyectos de construcción financiados con fondos públicos, se hace obligatorio estudiar con profundidad como puede favorecer la tecnología BIM a la Evaluación de la Sostenibilidad en los edificios. *“BIM, Building Information Modelling, es el proceso de creación y gestión de la información de un producto (en nuestro caso será el edificio, o área urbana) de la construcción en un modelo informático tridimensional que incorpora datos relativos a todo su ciclo de vida”* [67].

Con esta herramienta podemos gestionar de forma integral toda la información del edificio, de forma coherente, en tiempo real y con garantías; nos permite una participación colaborativa de los distintos agentes que intervienen en el proceso y su coordinación desde edades tempranas hasta el final de vida del edificio, incluyendo los tres aspectos, ambiental (ACV), económico (LCC), y social (ACV-S).

Las propuestas de aplicación de BIM se exponen en base a las bondades de la metodología que expone la literatura científica, planteando que, la metodología ha de ser capaz de gestionar el modelado gráfico de distintas propuestas de diseño en base a parámetros sostenibles; ha de poder soportar una base de datos que cumplan con las expectativas de contener la información relativa a aspectos medioambientales y económicos que se determine y ha de contribuir en la elección óptima bajo los indicadores de sostenibilidad.

Actualmente son muchas las empresas que están colaborando en el entorno BIM, adaptando sus productos y creando objetos de información que aportarán mejoras tanto en la fase de diseño, como en la planificación del proceso constructivo.

7. Conexión BIM- ACV-LCC-ACV-S.

BIM, como herramienta de soporte de diseño, integradora de metodologías, gestora de información y, además, que permite la cooperación entre las distintas partes que intervienen en los proyectos en las diferentes fases del ciclo de vida del edificio (ACV, LCC, ACV-S).

Existen estudios de integración BIM y ACV, [55], en donde el ACV, solo hace referencia al aspecto ambiental. Hay que tener en cuenta que cuando hablamos de evaluación de sostenibilidad, se entiende desde la integración también de los aspectos económico (LCC) y social (ACV-S) y

siempre desde el punto de vista del ciclo de vida del edificio, para estar en coherencia con la normativa internacional (ISO) que servirá de nuestro marco de referencia.

Para darle efectividad al proceso, la integración debe implementarse desde las fases más tempranas de diseño. Los datos se incorporan desde la construcción del modelo, de forma que cuando se esté trabajado en las distintas herramientas de ciclo de vida, estas toman la información directamente del modelo BIM.

La interoperabilidad entre herramientas de ciclo de vida y BIM se encuentra en desarrollo. Hasta ahora este problema de transmisión de datos se ha solucionado con la transferencia de datos vía formatos IFC, común en las bases de datos, [55], siendo un reto extraer la información del modelo BIM de forma efectiva e importarla al software que evalúe el ACV. Otra opción es trabajar con “objetos BIM” que incluyan propiedades medioambientales (sostenibles) basadas en cálculos ACV. Cada vez hay más librerías disponibles de objetos BIM, es importante coordinar la información de estos objetos, poner en común acuerdo a los creadores de objetos BIM. Estos objetos deben aportar información que apoye la evaluación de la sostenibilidad, para ello es importante basarse en documentos tales como Declaraciones Ambientales de Producto (DAP) correspondiente al material o producto. Ello permitiría prediseños que incluyeran criterios sostenibles desde las fases más preliminares, pudiendo seleccionar los diferentes elementos según el impacto deseado. Para que este método fuera preciso, las fases de prediseño y diseño podría utilizarse los objetos BIM, pero el resto de las fases, construcción, uso y desmantelamiento debería aplicarse el ACV.

Principalmente, las herramientas que están conectadas con BIM, aparte de las inherentes a las características geométricas del edificio, el modelado, están referidas a herramientas que analizan el impacto medioambiental (*Ecotec, GBS Green Building Studio, EnergyPlus, TRACE700. eQUEST*) que en algunos casos incluye aspectos sociales en relación con el confort.

8. Vida útil de un edificio, desde un punto de vista de cálculo estructural se estima una vida en servicio del edificio, o vida útil, que dependiendo del uso y mantenimiento que se haga del mismo, esa vida útil puede o no coincidir con la prevista [76].

Cuando desde el punto de vista de cálculo estructural se estima que la vida útil del edificio puede ser de 50 años, es lógico pensar que el impacto mayor del edificio se produce durante su etapa operacional o de uso, pero si hacemos el análisis desde un punto de vista de diseño de edificio de alto rendimiento, es decir, edificios de consumo energético casi cero, el impacto durante la fase operacional se minimiza, haciendo que tome protagonismo la energía embebida/en los materiales y el final de vida del edificio, con la demolición y la gestión de los residuos. Así pues, en la fase de diseño va a ser determinante hacer una adecuada elección de materiales y sistemas constructivos que disminuyan la huella de carbono, aparte de diseñar un edificio eficiente energéticamente. Todo ello mediante un equilibrio optimizado con el aspecto económico, de ahí la necesidad de contar con extensas y fiables bases de datos que interrelacionen todos los indicadores, los energéticos del sistema, los resultantes de un ACV y los económicos.

9. El método propuesto tiene que ser viable para **obra nueva y rehabilitación** de edificios. Actualmente existe un parque edificatorio residencial, construido antes de la entrada en vigor del CTE, RD 314/2006 y anteriores normas, con grandes necesidades de mejora de la envolvente y sus instalaciones para optimizar su eficiencia, desde el punto de vista de la disminución de demanda de recursos energéticos para su correcto funcionamiento y también mejoras desde el

punto de vista de la sostenibilidad incorporando a la rehabilitación de la envolvente materiales y sistemas constructivos con bajo impacto medioambiental, social y económico.

10. Enfoque Top-Down o Bottom-Up. El enfoque de estudio Top-Down parte de una gran perspectiva para ir descomponiéndose en unidades de menor magnitud. En el enfoque Bottom-Up, por el contrario, los elementos más básicos del sistema son descritos con detalle para, a través de la unión de estos, ir generando sistemas más complejos vinculados entre sí, hasta formar un sistema completo superior. Este enfoque requiere tener una gran base de datos de partida, datos procedentes de instituciones o bien de trabajo de campo.

11. Sistemas de evaluación basados en aspectos cualitativos o cuantitativos, adoptando el criterio de selección de indicadores adecuados al objeto de estudio del caso. Las principales metodologías de evaluación son, BREEAM, *BRE Environmental Assessment Method* (1990, UK), LEED, *Leadership in Energy and Environmental Design* (2000, US), CASBEE, *Comprehensive Assessment System for Built Environment* (2001, Japan) and DGNB, *Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen* (2007, Germany).

2.2 ANÁLISIS MARCO NORMATIVO CONSTRUCTIVO EN LA EDIFICACIÓN

La evolución histórica de las construcciones residenciales ha ido en cierta medida en paralelo con la evolución del desarrollo industrial, de ahí que ello haya permitido pasar de edificaciones de escasa entidad estructural a grandes edificios que conllevan herramientas de diseño y métodos de cálculo y dimensionado estructurales complejos, independientemente del grado de confort que se alcanzara en ellos. La tecnología de la construcción ha obligado al desarrollo de normativas relacionados con el cálculo de las estructuras de hormigón y de acero estructural, también al desarrollo de materiales estructurales que permitieran llevar a cabo tipologías estructurales complejas. También la tecnología de los procesos constructivos ha permitido el desarrollo de la prefabricación e industrialización de los sistemas, adecuando la tecnología y filosofía de la fabricación industrial. Mientras tanto, entre los años 1960-1979, el parque edificado en las grandes ciudades va aumentando como consecuencia de una inmigración masiva de la población, provocando un parque urbano energéticamente pobre, el cual, hoy en día, sigue en su mayoría en las condiciones constructivas de origen. Así pues, no es hasta el año 1979 en el que aparece la primera normativa relacionada directamente en el confort de los edificios, Normativa Básica Española, Condiciones Térmicas en los edificios, NBE-CT/79, en la que se tendrán en cuenta los aislamientos térmicos de la envolvente del edificio. No obstante, pese a la normativa, siguen siendo insuficiente las prescripciones que se contemplan, no siendo hasta prácticamente con las últimas actualizaciones del Código Técnico de la Edificación donde los requerimientos, tanto pasivos como activos para alcanzar el confort térmico en los edificios, se prescriben de forma equilibrada.

Por lo tanto, a la hora de definir las etapas constructivas de construcción en la que estarán incluidos los arquetipos urbanos pertenecientes al distrito o barrio objeto de estudio, es relevante hacer una revisión histórico-normativa relacionada con la edificación, dado que la evolución urbana y poblacional, así como las normas vigentes en cada periodo, prescribirán y determinarán los sistemas constructivos mayoritarios empleados en cada una de ellas.

Por un lado, estaría la normativa relacionada con la evolución e investigación sobre los materiales, aquella que permitirá pasar de una construcción vernácula, realizada con pocos recursos y con materiales de proximidad, con un funcionamiento estructural básico y por lo tanto dando lugar a edificaciones de escasa entidad volumétrica, a edificios estructuralmente más complejos y de mayor envergadura, con la incorporación del acero y del hormigón armado. Una vez garantizada la estabilidad de los edificios, entraría el desarrollo de la normativa relacionada con el confort, es cuando aparecen las normas en donde se prescribe aislar térmicamente la envolvente del edificio, apareciendo la primera normativa relacionada con ello en 1979.

La introducción del hormigón armado y el acero estructural en la construcción va a permitir la realización de estructuras más liviana, sistemas estructurales porticados, va a liberar a los edificios de los muros de fábrica de ladrillo o mampostería, los cuales venían haciendo una función tanto estructural como de cerramiento o envolvente del propio edificio. Esto significa que las fachadas van a recobrar un protagonismo especial en cuanto a su capacidad de aislamiento con el entorno, su sistema de construcción establecerá las condiciones de confort de las viviendas o edificios en general. Por lo tanto, desde el punto de vista de los objetivos marcados en la presente tesis, marcarán uno de los hitos constructivos a considerar,

principalmente, la aparición de las normativas relacionadas con las estructuras de hormigón y acero, así como las relacionadas con las condiciones térmicas de los edificios.

En 1937 fue creada la Dirección General de Arquitectura del Ministerio de Gobernación, esta fue la responsable de generar la normativa técnica relacionada con la edificación que luego pasó a ser responsabilidad del Ministerio de la Vivienda, siendo esta la que en 1957 empezó a preparar normas MV [77] Puede decirse que, con anterioridad a estas fechas, las normas referidas a aspectos de ventilación e iluminación o las condiciones a exigir de las redes de suministro, evacuación o depuración de aguas, tenían un carácter más administrativo que técnico. Es en 1977 cuando el Gobierno aprueba un marco unificado para la normativa de la edificación, pasando las reglas establecidas hasta el momento a transformarse en las normas de obligado cumplimiento, Normas Básicas de la Edificación (NBE), sustituyendo a las creadas por el Ministerio de Vivienda (MV). Para completar el marco regulatorio se añaden las Normas Tecnológicas de la Edificación (NTE), sin carácter obligatorio, constituyendo el desarrollo operativo de las NBE y otras normas que no se desarrollaron, las llamadas SHE, Soluciones Homologadas de la Edificación.

En el año 1999 se publicó la Ley 38/1999 de Ordenación de la Edificación (LOE), esta Ley *“tiene por objeto regular en sus aspectos esenciales el proceso de la edificación, estableciendo las obligaciones y responsabilidades de los agentes que intervienen en dicho proceso, así como las garantías necesarias para su adecuado desarrollo, con el fin de asegurar la calidad mediante el cumplimiento de los requisitos básicos exigibles al hecho edificatorio y a la adecuada protección de los intereses de los usuarios”*. En su disposición final segunda la LOE autoriza al Gobierno para la aprobación de un marco normativo mediante Real Decreto, el Código Técnico de la Edificación (CTE), donde se establezcan las exigencias que deben cumplir los edificios en relación con los requisitos básicos de funcionalidad, seguridad y habitabilidad establecidos en la LOE (4). Así pues, las Normas NBE se incorporarán al CTE, convenientemente actualizadas y reestructuradas. Con respecto a las reglamentaciones relacionadas con las estructuras de hormigón armado, la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE) y la Instrucción para el proyecto y la ejecución de formados unidireccionales de hormigón armado o pretensado (EF), actualmente derogadas por el Código Estructural, coexistirán con el CTE. El CTE se publica mediante Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo [78], a partir de esta fecha se han venido sucediendo distintas actualizaciones en donde se revisan los documentos relacionados principalmente con el ahorro energético.

El CTE es la normativa de obligada aplicación a las edificaciones públicas y privadas de carácter permanente, de aplicación en obras de nueva construcción y o en las intervenciones en los edificios existentes, todo ello bajo las pautas y requerimientos que exija el código.

La reglamentación del CTE estructura su contenido siguiendo un esquema piramidal [77] según se muestra en la Imagen 2.7. En la base de la pirámide se encuentra la parte Instrumental/No Obligatoria, formada por aquellos documentos complementarios oficiales (no reglamentarios) que sirven de ayuda y comprensión de los Documentos Básicos (DB), se trata de los Documentos de Apoyo (DA), los Documentos Básicos con Comentarios y los Documentos Reconocidos (DR). Los DR son de carácter técnico y aplicación voluntaria, reconocidos por el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, inscritos en el Registro General del CTE. La segunda parte la forman los documentos Reglamentarios de Obligado Cumplimiento, formada por los Documentos Básicos y las Exigencias Básicas.

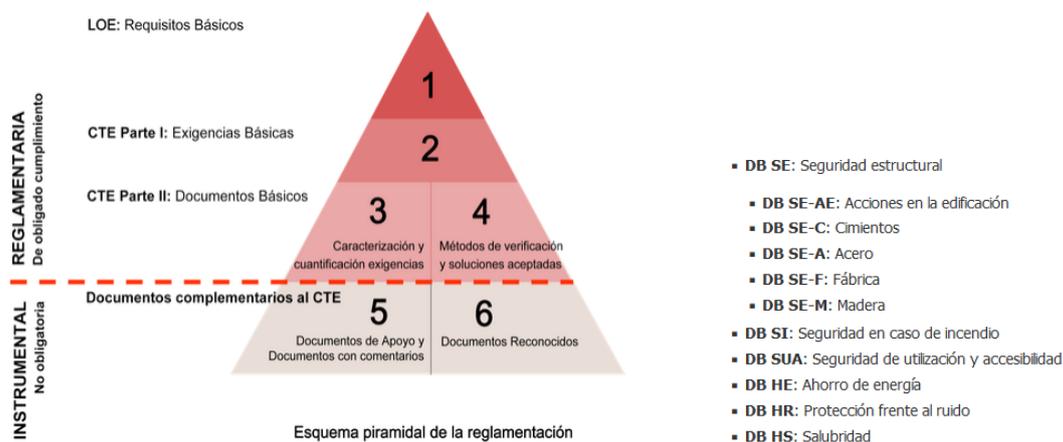


Imagen 2.7 Estructura reglamentación CTE [77].

Las aspectos técnico-normativos que se tendrán en cuenta en la presente Tesis considerarán hasta la última modificación del CTE, Real Decreto 450/2022, de 14 de junio, modifica el CTE, aprobado por el RD 314/2006.

2.2.1 Evolución normativa referente a las estructuras en edificios residenciales. Hormigón armado y acero estructural.

Alrededor de 1880 se empieza a desarrollar el conocimiento sobre el hormigón aplicado a las estructuras, influyendo en gran medida Francia y Alemania (3), pero se introduce en España a principios del siglo XX, dando lugar a la aparición de la primera Instrucción relacionada con el hormigón, siendo además de obligado cumplimiento, en el año 1939 (como reglamento técnico provisional), Instrucción para el Proyecto y Ejecución de obras de Hormigón (IH-39) por el Ministerio de Obras Públicas. En lo que se refiere a las estructuras de acero en 1941 aparece la Norma DGA 41 para el proyecto y ejecución de las estructuras de acero laminado, hormigón armado y forjados de ladrillo armado.

La Dirección General de Arquitectura fue completando y modificando la Instrucción para el Proyecto y Ejecución de obras de Hormigón, hasta que la Orden de 23 de marzo de 1944 aprueba la IE-39 definitiva. En los años 60 se inicia un crecimiento económico que termina con las restricciones por la escasez de materiales como consecuencia del marco histórico de la guerra civil, ello conduce hacia una edificación y construcción de mayor calidad y hacia un aumento del control de calidad y prescripciones técnicas más rigurosas. Así en 1960, se inicia y desarrolla la teoría de la seguridad estructural respecto de los Estados Límites, se establecen valores máximos en las flechas y en la fisuración de los elementos estructurales, limitando así los riesgos,

aparece la Instrucción EH-61. Alfredo Páez, en su libro “Hormigón Armado”, fue un personaje clave en la crítica y en la transición de la Teoría Clásica a los métodos de rotura.

Los Coeficientes de Seguridad en el cálculo de las estructuras, en función de la calidad de los materiales y el control de ejecución de obra y los Coeficientes de Minoración de resistencia de los materiales, se instituyen sobre los 70, apareciendo la Instrucción EH-73.

Evolución normativa referente a la reglamentación sobre forjados

La reglamentación sobre forjados se inicia con la Norma DGA 41, para el proyecto y ejecución de las estructuras de acero laminado, de hormigón armado y de los forjados de ladrillo armado. La primera renovación de la Norma DGA41 afectó principalmente al apartado correspondiente a los forjados, sustituyéndose por la Norma MV 101-1962, Acciones en la Edificación y redactada por el Ministerio de Vivienda. En 1988 esta norma se modifica parcialmente y pasa a denominarse NBE EA-88. En el 2002 se inicia la aplicación del Eurocódigo1, en lo que respecta a los apartados relacionados con las Acciones en la edificación. En Instrucción EH 68 no figuran los forjados de edificación, pero sí en la EH 73 en la que no se incluían los elementos pretensados de hormigón, viguetas y paneles que ya venían empleándose desde 1945, pero se incluyeron en la Instrucción EP-77, sobre Estructuras Pretensadas. J.A. Lahuerta fue designado miembro en las tareas de revisión de las Instrucciones sobre forjados, así se redactó la EF-88 la cual reunía los forjados constituidos por viguetas o paneles armados con los pretensados. Posteriormente aparece la Instrucción EF-96, en la que se aplica la obligatoriedad de redactar las Fichas para la Autorización de uso.

Con la aparición de la Instrucción EHE, Hormigón Estructural (1999), se une la reglamentación del hormigón armado y pretensado, pasando los forjados a formar parte de un capítulo de la propia Instrucción del Hormigón EHE, actualmente Código Estructural.

La Tabla 2.9 resume las normas e instrucciones que hacen referencia a la aplicación del hormigón estructural en España.

Tabla 2.9 Normas, Instrucciones y Documentos relevantes sobre **Hormigón Estructural** en España. Elaboración propia

Fecha	Normativa Española
1917	Ministerio de Fomento nombra una Comisión para la redacción de bases de Instrucciones para proyectos de obras de Hormigón Armado (HA) aplicables a toda clase de Obras Públicas
1939	Primera Instrucción de HA (provisional)
1944	Aprobación definitiva de la Instrucción IE-39
1961	HE-61 Instrucción Proyecto y Ejecución de obras de Hormigón Armado y en masa
1968	HE-68.
1973	EH-73
1977-1993	EP-77 Instrucción para el proyecto y ejecución de obras de Hormigón Pretensado
	EP-80
	EP-93
1982	Instrucción EH-82
1980-1991	EH-80
	EH-82
	EH-88
	EH-91
1988-1991	EF-88. Forjados unidireccionales de HA y Pretensado. Primera norma específica de forjados
1993	EP-93
1995	EA-95
1996	EF-96 Instrucción para el proyecto y la ejecución de forjados unidireccionales de HA o HP. Introduce la obligatoriedad de redactar las Fichas para la Autorización de Uso
1998	EHE-88 Instrucción del hormigón estructural
2002	EFHE 2002
2008	EHE-08
2021	Código Estructural. Regula las estructuras de Hormigón, Acero y Mixtas. Sustituye EHE-08 y EAE

La Guerra civil española y la delicada situación que se atraviesa, pone en marcha el Plan de Reconstrucción Nacional, que llevará a dictar en 1941 un Decreto en el cual se establece la limitación del uso del hierro en la construcción tanto pública como privada. Así pues, en lo que respecta a las estructuras de acero, la primera referencia es la norma DGA 41 (Dirección General de Arquitectura del Ministerio de Gobernación), se aplicara en el proyecto y ejecución de las estructuras metálicas, de hormigón armado y de los forjados de ladrillo armado. Esta norma se actualiza con las Normas MV 102-1964 a MV 111-1980, posteriormente recogidas en la NBE EA 95 (Norma Básica de la Edificación de Estructuras de Acero), posteriormente esta será derogada

por el Código Técnico de la Edificación, DB SE-A en 2006. En 2021 entra en vigor el Código Estructural que regula todas las estructuras de hormigón, acero y mixtas, derogando toda la normativa anterior. Tabla 2.10.

Tabla 2.10 Normas, Instrucciones y Documentos relevantes sobre **Acero Estructural**, España. Elaboración propia

1941	Norma DGA 41 (Dirección General de Arquitectura del Ministerio de Gobernación) para el proyecto y ejecución de las estructuras de acero laminado, de hormigón armado y de los forjados de ladrillo armado.
1964-1980	Normas MV 102-1964 a MV 111-1980
1995	NBE EA 95 (Norma Básica de la Edificación de Estructuras de Acero),
2006	Código Técnico de la Edificación, DB SE-A
2011	Instrucción de acero Estructural EAE 2011
2021	Código Estructural . Regula las estructuras de Hormigón, Acero y Mixtas. Sustituye a EHE-08 y a la EAE 2011

La primera orden a la que se hace referencia al aislamiento térmico en viviendas, y en la que se aprueba el texto de las ordenanzas técnicas y normas constructivas para “viviendas de renta limitada” [79] es la Orden 12 julio/1955. En ellas se indican las condiciones técnicas que deben reunir las viviendas y las reglas que han de ser observadas para su construcción. En su parte sexta, correspondiente a las Normas Sanitarias, la Ordenanza 8ª Aislamiento térmico, especifica que, hasta que se dicten las Ordenanzas comarcales, España se divide en 2 grupos. El primer grupo corresponde a las regiones que comprenden la isoterma de más de 30° o por debajo de 5°, el segundo grupo lo forman el resto de las regiones. Así pues, los requerimientos de la orden a efectos de conductividades de los elementos, para los edificios pertenecientes al primer grupo, establecen que la conductividad del muro será menor que 1,4 para la cubierta 1,8 (si fuese plana o espacio habitable bajo cubierta entonces la condición es, inferior a 1,4). Y para los del segundo grupo establece, en paredes/muros valor máximo de 1,8 y 2,5 caso de cubiertas.

La normativa actual es resultado de cómo ha ido evolucionando la primera normativa que arrancó en el año 1957, las normas del Ministerio de la vivienda, MV, desarrolladas por la Dirección General de Arquitectura del Ministerio de Gobernación, institución que data de 1937, siendo:

- 101-1962: Acciones de la Edificación
- 101-1975: Acero Laminado para Estructuras de Edificación
- 103-1972: Calculo de las Estructuras de Acero Laminado en Edificación
- 104-1966: Ejecución de las Estructuras de Acero Laminado en edificación
- 105-1967: Roblones de Acero
- 106-1968: Tornillos Ordinarios y Calibrados, Tuercas y Arandelas de Acero para Estructuras de Acero Laminado.
- 107-1968: Tornillos de Alta Resistencia y sus Tuercas y Arandelas
- 108-1976: Perfiles Huecos de Acero para Estructuras de Edificación
- 201-1972: Muros Resistentes de Fábrica de Ladrillo

- 301-1970: Impermeabilización de Cubiertas con Materiales Bituminosos

Estas normativas recogían la mayoría de los aspectos constructivos relacionados con la edificación, ninguno específico relacionado con las condiciones aislantes de la envolvente y el confort térmico de los edificios, sino más bien están dirigidas a establecer prescripciones en aspectos estructurales y sobre todo en el ámbito de las estructuras de acero y sus elementos de unión, exceptuando la MV201 y MV301.

Con la Orden de 20 de mayo de 1969 [80], los valores sobre conductividades de la envolvente a los que se hace referencia en la Orden de 12 de julio de 1955, pasan a ser más restrictivos, se aprueba la adaptación de las ordenanzas técnicas y normas constructivas que se aprueban en la Orden de 12 julio/1955 y de 22 febrero/1968, resultando distintos valores para las conductividades de los elementos, para los edificios pertenecientes al primer grupo, establecen que la conductividad del muro será menor que 1,2 para la cubierta 1,6. Y para los del segundo grupo establece, en paredes/muros valor máximo de 1,6 y 1,8 caso de cubiertas. Además de obligar a incluir un forjado sanitario a 30 cm del suelo.

En el año 1975 la Administración Pública empieza a adoptar las primeras medidas que tendrán como objeto reducir el consumo energético de los edificios (Decreto 1.490/75, 12 de junio), mediante una correcta construcción y aislamiento de los edificios. Así pues, a través de una Comisión de expertos, en representación de organismos oficiales y entidades privadas, relacionadas con el sector energético e interesadas en la consecución de los objetivos propuestos, desarrollaron la reglamentación del Decreto 1.490/75[81]. El Decreto, establece unos valores máximos para un Kg (valor asimilable al valor actual de la Transmitancia, U) para la envolvente del edificio, en función de la zona geográfica en que esté ubicado y de un coeficiente de forma (f) del mismo. Esta norma también establece algunos límites a la estanqueidad de las carpinterías. Hasta este periodo, la Normativa de la Edificación se compone de un conjunto de disposiciones de rango administrativo diferente, según especifica el Real Decreto 1650/1977 de 10 de junio de 1977, señalando que no hay una distinción clara entre lo obligatorio y lo facultativo, lo que conlleva a ser interpretadas de forma variable por los diferentes actores relacionados en el proceso edificatorio y en su uso. Así pues, lo que se pretende con este RD es crear un marco jurídico de forma que ordene toda la norma relacionada con la Edificación. Así pues, se desarrollarán las Normas Básicas de la Edificación (NBE), las cuales establecerán las reglas a aplicar en los proyectos y la ejecución de los edificios siendo además de obligado cumplimiento. Serán elaboradas por el Ministerio de la Vivienda y su aprobación será por RD. Se parte del conjunto de normas MV, también elaboradas por el Ministerio de la Vivienda, mencionadas anteriormente.

En el mismo RD 1650/1977, la norma indica que el MV sigue con la elaboración de las Normas Tecnológicas de la Edificación (NTE), según D3565/1972 de 23 de diciembre [82] las cuales ya vienen desarrollándose, formando parte de ese conjunto de disposiciones administrativas referidas, pero no siendo de obligado cumplimiento. Y por último en el mismo RD, la Dirección General de Arquitectura y Tecnología de la Edificación elaborará y homologará soluciones Homologadas de Edificación (SHE), cuya utilización garantizará el cumplimiento y la superación de los niveles mínimos que establecen las NBE.

Las NBE estarán estructuradas en siete documentos:

- NBE-AE-88: Acciones en la Edificación
- NBE-CA-88: Condiciones Acústicas en los Edificios
- NBE-CPI-91: Condiciones de Protección Contra Incendios en los Edificios
- **NBE-CT-79: Condiciones Térmicas en los Edificios**
- NBE-EA-95: Estructuras de Acero en la Edificación
- NBE-FL-90: Muros Resistentes de Fábrica de Ladrillo
- NBE-QB-90: Impermeabilización de Cubiertas con Materiales Bituminosos.

Estas normas agrupan todas las MV relacionadas con las estructuras de acero en una sola (NBE-EA/95) y se incorporan normativas específicas relacionadas con las condiciones acústicas, térmicas y de protección contra incendios que en las anteriores normas MV no aparecían.

La Norma Básica de la Edificación NBA-CT-79, Condiciones térmicas en los edificios, se publica en RD 2429/79 el 6 de julio, norma de obligada observancia en todos los proyectos de edificación, tanto de carácter público como privado, es continuación del Decreto anterior D1490/75. Desarrolla con mayor profundidad conceptos e introduce aspectos nuevos tales como el comportamiento higrotérmico de los cerramientos y la permeabilidad al aire de estos. También incluye aspectos que no estaban regulados hasta la fecha, como es el fenómeno de la condensación en los cerramientos exteriores, se caracterizan los valores de Resistencia Térmica de las cámaras de aire (R), se limitan los valores de Transmitancia Térmica de las fachadas ($U < 1.20$), los valores de la temperatura superficial interior de los cerramientos y la permeabilidad al vapor de los materiales, entre otros conceptos.

Este será un hito importante para tener en cuenta en la clasificación edificatoria por etapas constructivas puesto que todas las edificaciones previas a esta normativa, aproximadamente un 55% del parque edificado, estarían dentro de un diseño catalogado como de bajo rendimiento energético.

2.2.2 Evolución normativa referente a los requerimientos energéticos en los edificios

Con la incorporación de la NBE CT-79, quedan regulados los requerimientos normativos para garantizar confort térmico en los edificios a partir del año 1979, en cuanto a:

- Transmisión global de calor a través del conjunto de los cerramientos (Kg).
- Transmisión de calor a través de cada uno de los elementos que forman los cerramientos (K).
- Comportamiento higrotérmico² de los cerramientos
- La permeabilidad al aire de los cerramientos

Pero la normativa sigue evolucionando, y en el aspecto concreto de las condiciones térmicas en la edificación cada vez los requerimientos van siendo más exigentes conforme las directrices y normativas europeas lo exigen. Así pues, en 1999 se publica la ley de Ordenación de la Edificación, LOE Ley 38/1999 de 5 de noviembre, regula el sector de la edificación, instando esta ley a actualizar los reglamentos que han ido quedando obsoletos, así se autoriza la aprobación del Código Técnico de la Edificación, CTE, mediante Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo, donde se establecen los requerimientos en cuanto a seguridad y habitabilidad que se le deben exigir a los edificios. Desde entonces se han ido realizando distintas actualizaciones de la normativa con el objeto de ir adaptándose a los requerimientos energéticos cada vez más restrictivos, en busca de la máxima eficiencia energética en las edificaciones y más acordes con

las políticas medioambientales y de desarrollo sostenible actuales. Los Documentos básicos configuran el CTE, siendo:

- DB-SE: Seguridad Estructural
- DB-SI: Seguridad en Caso de Incendio
- DB-SUA: Seguridad de Utilización y Accesibilidad
- DB-HR: Protección Frente al Ruido
- DB-HS: Salubridad
- DB-HE: Ahorro de Energía

Desde los años 80 hasta la aparición del CTE en 2006, todos los aspectos relacionados con el aislamiento térmico de las viviendas se basaban en la normativa del año 1979 (NBE-CT-79), transcurriendo 27 años sin que los edificios presenten ningún cambio normativo en este aspecto. El CTE, en su DB-HE Ahorro de Energía, plantea conceptos como, la Limitación de la Demanda Energética a través de la envolvente del edificio. Establece unos valores límites para la Transmitancia (U) de los distintos elementos que componen la envolvente, así como un valor medio límite de la Transmitancia de la envolvente total del edificio.

En el año 2007 (23/10/2007) y 2008 (25/01/2008) aparecen actualizaciones del CTE que suponen modificaciones menores. Dentro del Plan 20/20/20 de lucha contra el cambio climático, con el afán de conseguir el objetivo marcado del 20% de ahorro de energía, se publica la directiva europea 2012/27/UE relacionada con la mejora de la eficiencia energética en los edificios, impulsando una revisión del CTE en esta materia. Entra en vigor el nuevo documento **DB-HE, CTE 12/09/2013**, Demanda Energética del Edificio, donde se disminuyen los valores de las limitaciones para la Transmitancia permitida (especialmente en fachadas) y se incluyen otros criterios para tener en cuenta.

De forma resumida, podemos ver en este estudio de la Imagen 2.8 [83], la calificación energética obtenida en los inmuebles según la etapa constructiva del edificio, como han ido evolucionando las exigencias según las normativas y obviamente, todas las políticas europeas a partir del año 2020 se dirigen hacia el objetivo máximo, que las edificaciones lleguen a alcanzar una calificación energética A, máximo valor dentro de la escala de valoración, donde tengamos edificios de consumos energéticos prácticamente nulos.

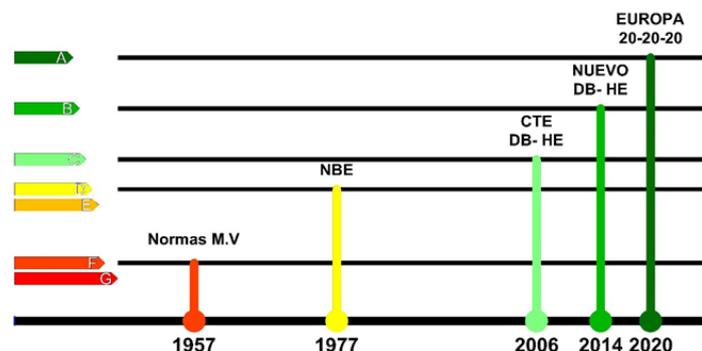


Imagen 2.8 Evolución normativa-calificación energética de los edificios [83]

En el año 2017 se modifica el Documento Básico relativo al “Ahorro de Energía”, DB-HE. Esta actualización o modificación es independiente de la revisión que debe realizarse cada cinco años de acuerdo con la Directiva 2010//31/UE del Parlamento Europeo. La revisión del Documento incluye una actualización de las exigencias reglamentarias a nivel energético que deberán cumplir los edificios a partir del año 2019, para poder ser considerados como edificios de consumo de energía casi nulo. A modo de resumen se expone en la Tabla 2.11.

Tabla 2.11 Cronología actualizaciones CTE. Elaboración propia

NBE-CT-79	PRIMER CTE	ACTUALIZACIONES DEL CTE						CTE ACTUAL
6/07/1979	28/03/2006	23/10/2007	25/01/2008	12/09/13	08/11/13	23/06/17	20/12/19	14/06/2022

El parque edificado mayoritario es el construido antes de que apareciera la primera normativa, en la que se regulaban las condiciones térmicas de los edificios (NBE CT-79), resulta también de interés, conocer el estado actual de las edificaciones más recientes, cuyas soluciones constructivas, desde un punto de vista energético, se ajustan a las exigencias normativas del momento. En la Imagen 2.9 se muestra la variación de los valores requeridos en las transmitancias térmicas de los elementos según la cronología de actualización del CTE, de las diferentes zonas climáticas y los elementos de la envolvente principales. A partir de 1979, aunque los valores de transmitancia de los elementos que constituyen la envolvente ya estén regulados por la normativa NBE CT-79, se observa que los requerimientos actuales del CTE son bastante más restrictivos, siendo pues de especial observancia también la actualización energética del parque edificado a partir de la inclusión de la normativa reguladora.

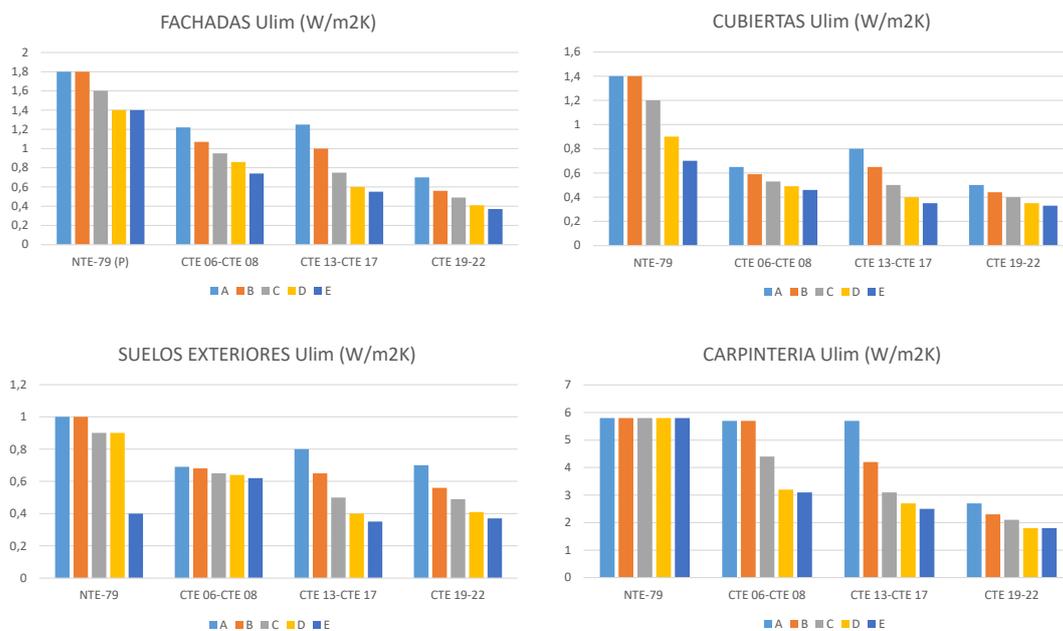


Imagen 2.9 Valores de transmitancias térmicas según actualización normativas. Elaboración propia

La modificación del CTE el 12/09/2013 impone la limitación del consumo energético, aspecto no considerado anteriormente. Con la modificación del CTE del año 2019, los valores de las exigencias a esta limitación pasan a reducirse casi a la mitad respecto al CTE entre los años 2013 y 2017. Por tanto, estas exigencias de limitación energética implican, no solo una mejora en la eficiencia de los medios mecánicos de climatización de los edificios, sino también una mejora del aislamiento y la estanqueidad del edificio, de forma que requiera menos demanda de energía para alcanzar su confort, de ahí que los valores de transmitancia (U) disminuyan y por tanto las secciones y materiales constructivos de los elementos que constituyen la envolvente varíen.

Resulta interesante incorporar información relativa a estándares empleados en la edificación más exigentes que la normativa de obligado cumplimiento actual, tales como el estándar Passive House (PH) dado que las exigencias son casi equiparables a las actuales del CTE. Puede resultar de interés cuando las intervenciones energéticas en los edificios vayan más allá de los requerimientos actuales del CTE. Es un standard que pone el objetivo en diseñar y construir edificios de una elevada eficiencia energética, mediante una práctica estanqueidad del edificio, permitiendo casi nulas pérdidas energéticas. La aplicación del estándar implica, además de un adecuado aislamiento térmico y carpinterías de altas prestaciones, una total eliminación de los puentes térmicos, hermeticidad (control de las infiltraciones) y necesariamente instalaciones mecánicas de ventilación (con recuperador de calor), que garanticen las condiciones higiénico-sanitarias de los edificios. Además, los sistemas de ventilación, por intercambiadores de calor, permiten la optimización de los sistemas de producción frío/calor y consecuentemente a edificios de consumo prácticamente nulo.

Si bien es cierto que los requerimientos normativos van en aumento, adaptándose a las exigencias administrativas frente al cambio climático, el estándar PH sigue siendo más exigente según se desprende de los datos que se observan en la Tabla 2.12.

Tabla 2.12 Comparativo requerimientos energéticos CTE-PH. Elaboración propia

	CTE	PH
Limitación del consumo energético	= 20-43 kwh/m ² *año	= 15 kwh/m ² *año
Limitación de la demanda energética de la envolvente	= 0,33 -1,8 W/m ² K	= 0,15 -0,45 W/m ² K
Limitación de la demanda energética de la carpintería exterior	= 1,8-2,7 W/m ² K	= 0,8-1,1 W/m ² K
Cargas térmicas de frío/calor	*según zona y uso	10 W/m ²
Consumo de energía primaria renovable	*según zona y uso	60 kwh/m ² año
Renovaciones del aire	*DBHE Anejo H No obliga Blowerdoor	0,6 renovaciones/h Blowerdoor

Así pues, siguiendo la normativa de obligado cumplimiento, cuando las limitaciones del consumo no son alcanzadas mediante medidas pasivas aplicadas a la envolvente del edificio hay que solucionarlo mediante sistemas mecánicos, con el gasto energético y emisiones de CO₂ que ello supone. En la Imagen 2.10, puede observarse, para las distintas zonas climáticas, una comparativa con los valores del estándar PH, alejados de las primeras normativas de obligado cumplimiento (NBE-CT79), pero que con las últimas actualizaciones del CTE presentan valores

más aproximados, aunque aún quedaría por mejorar las exigencias en las carpinterías. Los valores de transmitancias térmicas se han extraído directamente de los documentos CTE DB-HE.

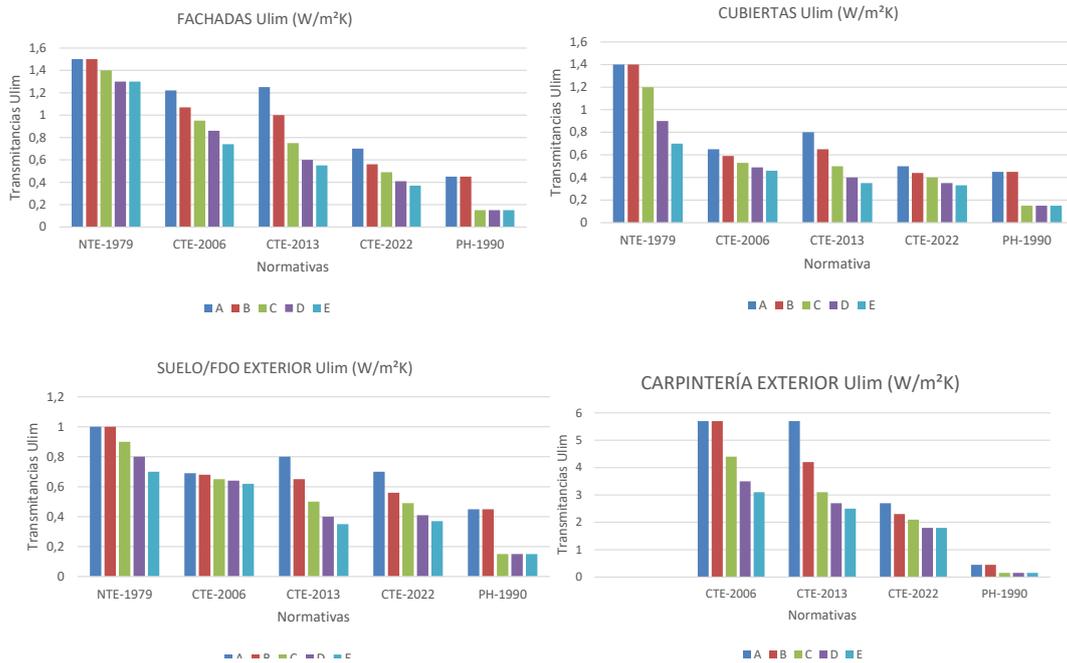


Imagen 2.10 Valores transmitancias (U_{lim}) comparativa CTE/PH. Elaboración propia

De la obtención de los valores de otros estudios similares realizados [84] puede observarse la evolución de la mejora térmica de la envolvente a lo largo de las etapas constructivas consideradas, según se muestra en la Imagen 2.11. Los datos revelan una mejora considerable en general, excepto para las carpinterías, punto crítico en la cadena. La etapa constructiva de 2007-posterior, aunque en 2013 se actualiza el CTE, la construcción está en declive y la

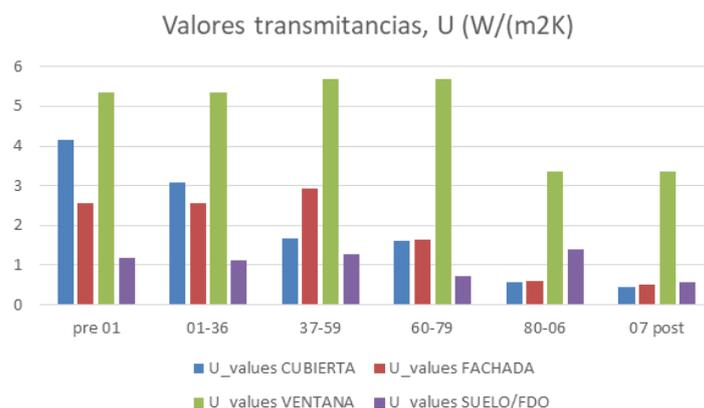


Imagen 2.11 Valores transmitancias térmicas según etapas constructivas. Elaboración propia

representatividad edificada es escasa.

2.2.3 Directrices normativas europeas sobre políticas públicas de rehabilitación residencial

La **Directiva 2012/27/UE** [85], relativa a la eficiencia energética, declara que los edificios representan un 40% del consumo de energía final de la Unión Europea, obligando a renovar

anualmente un porcentaje significativo de los edificios administrativos centrales en pro de la mejora del rendimiento energético, así como también obliga a los Estados miembros a que establezcan una estrategia a largo plazo, hasta el año 2020 para minorar el nivel de emisiones de CO₂ y hasta el año 2050, con el compromiso de reducir el nivel de emisiones en un 80-95% en relación a los niveles de 1900. Para todo ello se inicia una movilización en inversiones destinadas a mejorar el rendimiento energético del conjunto del parque inmobiliario. Se buscan estrategias de renovación que sean exhaustivas y rentables, que la reducción se produzca en porcentajes significativos y con ello contribuir activamente en la sostenibilidad ambiental, en la mejora de la calidad de vida de la ciudadanía.

La Unión Europea estableció una serie de objetivos, entre ellos fue el Paquete 20-20-20 “Energía y Cambio Climático”, en el que se establecía para los 27 países miembros, dos objetivos obligatorios, la reducción del 20% de las emisiones de gases de efecto invernadero y la elevación de la contribución de las energías renovables al 20% del consumo, y un tercer objetivo indicativo en el que se mejorara la eficiencia energética de los edificios en un 20%. Estos objetivos europeos se tradujeron en objetivos nacionales que llevaron al desarrollo de la **Ley 8-2013** que contribuiría al cumplimiento de estos, a través de medidas de rehabilitación. Así pues, con el objetivo de avanzar en una economía baja en carbono, se propone la actuación en residencias de baja calidad, que en el caso español se sitúan entre las que se construyeron en las décadas de los 50, 60 y 70, de forma que se mejore la eficiencia del conjunto del parque residencial¹.

La realidad normativa actual, reviste gran importancia para la Unión Europea la eficiencia energética, va dirigida principalmente hacia una reducción del consumo y buen uso de la energía. Se busca mejorar la competitividad europea mediante el abastecimiento de unas energías sostenibles, reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, mejora en la seguridad del suministro, rebaje de los gastos de importación, etc. La normativa ha estado en evolución constante los últimos 15 años, siendo una prioridad estratégica de la UE la eficiencia energética. (Fichas técnicas sobre la Unión Europea-2023, [87])

El Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (MITMA) con el objetivo de impulsar la implementación de Estrategias de rehabilitación para conseguir un parque inmobiliario más eficiente energéticamente y descarbonizado antes de 2050, ha publicado un documento denominado, *Estrategias a largo plazo para la Rehabilitación Energética en el Sector de la Edificación en España (ERESEE)*. Este documento obedece al cumplimiento del art. 2 bis de la **Directiva 2010/31/UE, de 19 de mayo de 2010**, relativa a la eficiencia energética de los edificios, modificada por la **Directiva 2018/844/UE, de 30 de mayo de 2018**. Esta estrategia también da respuesta al cumplimiento de los Objetivos Estratégicos 2, 3, 4 y 8 de la Agenda Urbana Española, se trata de una de las actuaciones previstas en su propio Plan de Acción [88][89]. Existen dos versiones previas del documento, fechadas en el año 2014 y 2017, siendo el último documento publicado el que recoge las últimas conclusiones de las reuniones celebradas en diciembre de 2022 y mayo de 2023.

La ERESEE establece una hoja de ruta con escenarios de intervención, medidas e indicadores de progreso para la rehabilitación del parque edificado, la transformación de los edificios existentes en otros más rentables económicamente y de alta eficiencia energética, con el objeto de conseguir la descarbonización del sector para el 2050 [90].

El 14 de marzo de 2023, el Parlamento Europeo aprobó la enmienda sobre la propuesta de Directiva del Parlamento Europeo del Consejo relativa a la eficiencia energética de los edificios [46] (refundición), donde definió su posición en primera lectura sobre la necesidad de que los edificios residenciales alcancen al menos la clase de eficiencia energética **E** para 2030 y la clase **D** para 2033 (frente a las clases F y E contempladas en la propuesta de la Comisión)[90]. Las exigencias normativas de las últimas disposiciones normativas servirán como referencia a la hora de plantear los diversos escenarios y estrategias de intervención propuestas en la presente tesis.

Para el desarrollo de la ERESEE se realizaron unos trabajos de apoyo, siendo uno de ellos *“Segmentación en clústeres tipológicos y caracterización geométrica del parque residencial de viviendas en España”*[91], documento que se analizará en el apartado 2.3. de tipologías edificatorias.

2.3 TIPOLOGÍAS EDIFICATORIAS o MODELOS SOSTENIBLES DE ARQUETIPOS URBANOS

Cuando se proyecta hacer actuaciones o propuestas de mejora en el entorno urbano edificado, es necesario conocer y hacer un análisis sobre el parque residencial que lo incluye. Realizar un modelo del stock construido, requiere determinar las frecuencias/repeticiones que se producen de cada tipo de edificio, facilitando la implementación de escenarios de actuación y su posterior análisis. La calidad de la información que presente ese conjunto edificado dependerá de la información que dispongan las bases de datos y su análisis, pudiendo ser mejorada mediante acciones o investigaciones experimentales.

El objetivo común de los estudios es tener la suficiente información urbana de forma que permita crear patrones de edificios, de barrio o de distrito, según la escala de estudio. Así pues, la revisión bibliográfica tratará de analizar las metodologías empleadas en otras investigaciones o estudios para llevar a cabo esa clasificación de los edificios y los objetivos que se buscan en ello.

La tipificación de los edificios en la literatura

La tipificación estará condicionada por muchos factores intrínsecos al espacio en el que se ubique el objeto de estudio, tales como las condiciones climatológicas de una Región y las normativas específicas de los países, dado que condicionaran las características principales de un entorno urbano y consecuentemente sus edificios. Aunque la normativa nacional es común, siempre van a existir requerimientos específicos según la Comunidad o Provincia donde se ubique el barrio. La ubicación supondrá unas prácticas en el mundo de la construcción de edificios determinadas, comúnmente uso de materiales del entorno más próximo, empleo de sistemas constructivos tradicionales específicos, etc. Otro factor, no menos importante, será el estatus social del entorno del parque edificado, pues la tipología edificatoria, los materiales empleados y sus sistemas constructivos estarán acorde al poder adquisitivo de sus ocupantes.

Actualmente, ante la evidencia climática, uno de los aspectos más relevantes de estudio es la eficiencia energética de los entornos urbanos, dado que la edificación es uno de los sectores con mayor potencial de consumo. Los estudios a escala urbana, de barrio o distrito, son considerados escalas suficientemente grandes como para identificar patrones de consumo energéticos más allá de los límites de un solo edificio, pero lo suficientemente pequeñas como para permitir abordar soluciones concretas [92].

En este capítulo se pretende abordar los diferentes estudios realizados para caracterizar patrones urbanos, orientados a estudiar el comportamiento energético de los mismos para proponer escenarios de intervención en el sector de la edificación. Así pues, se presentan estudios promovidos por las distintas administraciones públicas, así como proyectos apoyados por programas europeos y estudios de grupos de investigación.

2.3.1 Instituto Nacional de Estadística, INE, Ministerio de Vivienda.

La mayoría de los proyectos basan los estudios con datos urbanos procedentes de los distintos institutos u organismos estadísticos oficiales nacionales de los países donde se encuentran los distritos o barrios objeto de estudio. El Instituto Nacional de Estadística (INE)[93], como organismo autónomo adscrito al Ministerio de Economía y Hacienda, elabora estadísticas públicas que sirven de referencia para realizar estudios de investigación, dado que son estudios oficiales sobre la situación y evolución de la población, la economía y la sociedad de España. Según datos obtenidos del INE, y según último censo correspondiente al año 2011 España tiene casi 10 millones de edificios, equivalentes a aproximadamente 25 millones de viviendas, información del Ministerio de Vivienda, instituto de estadística nacional [94]. Aunque los datos no están actualizados hasta el año 2023, los datos del censo hasta el año 2011 se consideran adecuados para el análisis objeto de la presente tesis. El censo proporciona datos detallados del número de viviendas por provincias según los periodos constructivos definidos (antes 1920, 21-40, 41-60,61-80, 81-90, 91-2001. También aporta información sobre el sistema de calefacción de dichas viviendas: calefacción individual, central, solo habitaciones calefactadas u otros medios; qué tipo de combustible utilizan, (gas, electricidad, gasoil o derivados, madera, carbón u otros), mostrando a su vez el censo el porcentaje de tipos de sistemas de calefacción dentro del periodo constructivo considerado. Deduciendo datos tales como, que un 56% de las viviendas construidas en el periodo 1991-2001 tenían sistemas de calefacción central y un 26% tenía calentadores solo de habitaciones. Así pues, a partir de los datos obtenidos del INE, se ha realizado un análisis de estos que servirán para comparar con los datos obtenidos en el trabajo de campo realizado en la presente Tesis. Se presentan algunos datos estadísticos sobre la cantidad de edificios y viviendas según los periodos constructivos de referencia, obtenidos del INE. Es interesante observar los periodos de mayor producción constructiva. Tal como muestra la Imagen 2.12, un 56% aproximado de los edificios están contruidos previo a la puesta en vigor de la normativa relacionada con el aislamiento térmico de los edificios.

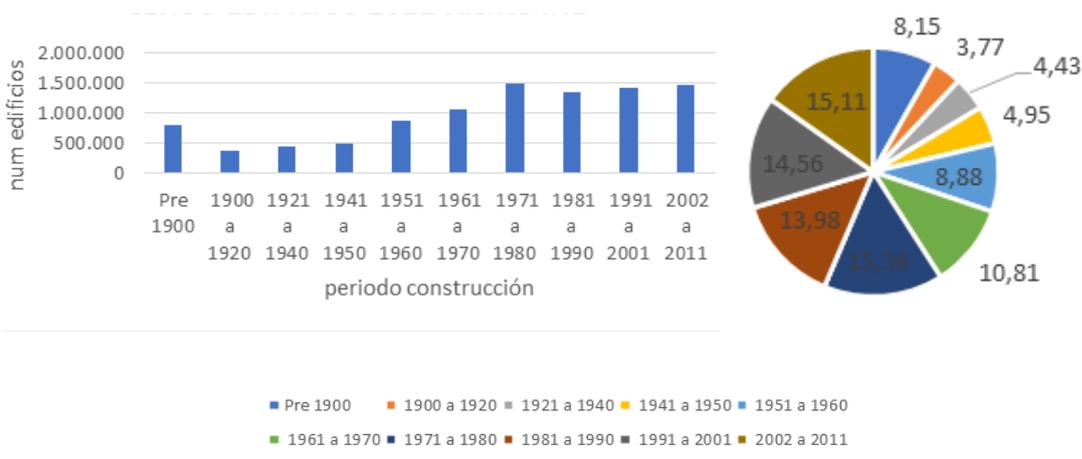


Imagen 2.12 Censo edificios. Fuente de datos INE. Elaboración propia

Otra información interesante que incorpora el Censo es el número de viviendas secundarias y vacías, según muestra la Imagen 2.13, puede resultar útil este dato en el caso de plantear escenarios de actuación en esta tipología de viviendas.

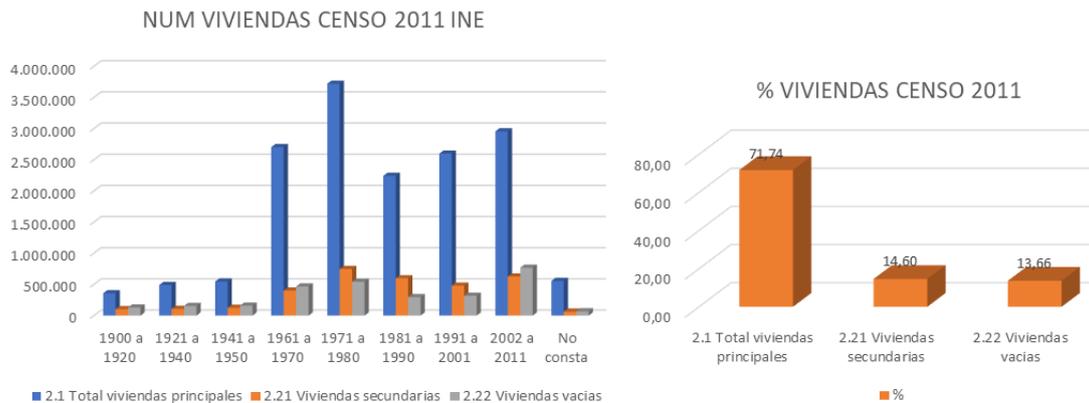


Imagen 2.13 Viviendas totales, secundarias y vacías según el Censo. Elaboración propia.

2.3.2 Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía

El Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía de España, (IDAE) [95], es una entidad pública empresarial, adscrita al Ministerio para la Transición Ecológica a través de la Secretaría de Estado de Energía, actúa como una herramienta del gobierno para contribuir a conseguir los objetivos que tiene España en materia de mejora de la eficiencia energética, energías renovables y otras tecnologías bajas en carbono. Así pues, el IDEA lleva a cabo acciones de difusión y formación, asesoramiento técnico, desarrollo de programas específicos, etc. Entre esas acciones ha redactado el documento “Escala de calificación energética. Edificios Existentes” [96], cuyo objetivo es obtener los valores medios y las dispersiones de los indicadores para el parque de edificios de viviendas existentes, de forma que ello permita conseguir el rango completo de la escala de eficiencia energética. Para ello toman un escenario de comparación como punto de partida para conocer los indicadores energéticos de los edificios de viviendas existentes. Esta investigación realiza una clasificación tipológica según unos periodos de construcción los cuales están basados en hitos relevantes.

- Anterior a 1900
- 1901-40
- 1941-60 periodo de postguerra
- 1961-80 entra en vigor las normas del Ministerio de vivienda, MV
- 1981-2006 Entra en vigor el CT-79
- Posterior al 2006 entra en vigor el CTE

En cuanto a las hipótesis realizadas en el trabajo son:

- El porcentaje de edificios para cada periodo se obtiene del INE Instituto Nacional de Estadística
- Los parámetros geométricos y la calidad constructiva será la correspondiente al periodo representativo

Para obtener los escenarios de comparación han seguido las siguientes fases:

- Han realizado una selección de edificios (unifamiliares y en bloque) tal que representan todas las tipologías constructivas del parque de viviendas existentes en España (por provincias y capitales) para un periodo constructivo identificando los m² construidos.
- Identifican las soluciones constructivas más frecuentes de cada periodo
- Identifican los sistemas de calefacción, refrigeración y ACS para los distintos periodos y tipologías y sus rendimientos estacionales
- Obtienen los indicadores energéticos de interés, demandas, consumos y emisiones para los sistemas definidos, asociados a los edificios y a sus zonas climáticas correspondientes.

La selección de las tipologías constructivas por periodo se obtiene del IDAE (Resultados detallados en versión accesible julio 2007), Tabla 2.13.

Tabla 2.13 Clasificación tipológica IDEA. Adaptada [95].

PERIODOS	Unifamiliar 1 planta	Unifamiliar 2 planta	Unifamiliar 3 o más planta	Bloque de tres o menos plantas	Bloque de cuatro a seis plantas	Bloque de siete a nueve plantas	Bloque de 10 o mas plantas
pre1900	Tipo 1	Tipo 1		Tipo 2			
1900-40	Tipo 1	Tipo 1		Tipo 2 y 3	Tipo 2 y 4		
41-60	Tipo 4 y 5	Tipo 4 y 6		Tipo 6 y 7	Tipo 6 y 8	Tipo 6	
61-80	Tipo 8 y 10	Tipo 8 y 11	Tipo 8 y 12	Tipo 9 y 10	Tipo 9 y 11	Tipo 9	Tipo 10
81-2001	Tipo 11	Tipo 12	Tipo 13	Tipo 12 y 13	Tipo 12 y 14	Tipo 12 y 15	Tipo 12 y 16

Así pues, definen las siguientes tipologías indicando el periodo en el cual se consideran que están presentes. Justifican que este modelo de distribución de tipologías por periodos y número de plantas queda validado por la tabla de distribución de metros cuadrados construidos que se obtiene del INE julio 2007 sobre edificios existentes. Y luego para cada periodo identifica las soluciones constructivas correspondientes a la envolvente del edificio, fachada, suelo, cubierta, vidrio y marco. Así las tipologías edificatorias se estructuran según el cuadro Tabla 2.14.

Tabla 2.14 Distribución tipológica por periodos y plantas IDEA. Adaptada [95].

Tipología	Nº Plantas	Periodo año	Tipología	Nº Plantas	Periodo
1	1	Pre1900-1940	8	2	61-80
	2	1904-40		3	
2	3	Pre1900-1940	9	3	61-80
	5	1904-40		4	
3	3	1904-40	10	7	61-80
	5			3	
4	1	41-60	11	4	61-80
	2			2	
5	1	41-60	12	3	81-2006
	2			3	
6	3	41-60	13	5	81-2006
	5			7	
	7			10	
7	3	41-60	13	3	81-2006
	4			5	
				7	81-2006

A modo de ejemplo, se muestra la representación de las descripción de la Tipología 1 y 2 en la Imagen 2.14.

Tipología 1			Tipología 2		
TIPO	Tipo 1.1	Tipo 1.2	TIPO	Tipo 2.1	Tipo 2.2
Tipología	Unifamiliar	Unifamiliar	Tipología	Bloque	Bloque
Nº de plantas	1	2	Nº de plantas (1)	2+PB	4+PB
Posición	Entre medianeras	Entre medianeras	Posición	Entre medianeras	Entre medianeras
Orientación fachada ppal.	Sur	Sur	Orientación fachada ppal.	Sur	Sur
Ático	No	No	Ático	No	No
Sótano	No	No	Sótano	No	No
Área de planta (m²)	57,5	57,5	Área de planta (m²)	136	136
Longitud de fachada ppal. (m)	10	10	Longitud de fachada ppal. (m)	8	8
% Huecos fachada ppal. (1)	19	19	% Huecos fachada ppal. (2)	21	25,37
% Huecos fachada posterior (2)	12	14	% Huecos fachada posterior (3)	21	18,58
Posición de patios	-	-	Posición de patios	A medianera	A medianera
Área total de patios (m²)	-	-	Área total de patios (m²)	8	8
Profundidad de patio (m)	-	-	Profundidad de patio (m)	2	2
% Huecos fachadas patio orientación Sur	-	-	% Huecos fachadas patio orientación Sur	8 (*)	4,66 (*)
% Huecos fachadas patio orientación Norte	-	-	% Huecos fachadas patio orientación Norte	8 (*)	4,66 (*)
% Huecos fachadas patio orientación Este	-	-	% Huecos fachadas patio orientación Este	0 (*)	0 (*)
% Huecos fachadas patio orientación Oeste	-	-	% Huecos fachadas patio orientación Oeste	0 (*)	0 (*)
Área total de cajas de escaleras (m²)	-	-	Área total de cajas de escaleras (m²)	8	8

Imagen 2.14 Fichas informativas Tipologías edificatorias. IDEA [95].

La descripción de las soluciones constructivas asociadas a cada una de las tipologías y periodos de construcción correspondientes se han basado en el “Catálogo de Elementos Constructivos del CTE”, haciendo una codificación de las soluciones adoptadas, según la Tabla 2.15.

Tabla 2.15 Viabilidad de soluciones constructivas según periodo constructivo (IDAE). Tabla adaptada [95]

	Pre1900	1900-40	41-60	61-80	81-2006
Fachada 1	S	S	S	S	N
Fachada 2	N	S	S	S	N
Fachada 3	N	N	S	S	N
Fachada 4	S	S	S	S	S
Suelo1	S	S	S	S	N
Suelo2	S	S	S	S	S
Cubierta 1	S	S	S	S	N
Cubierta 2	N	N	N	N	S
Cubierta 3	S	S	S	S	N
Vidrio 1	S	S	S	S	S
Vidrio 2	N	N	N	N	S
Marco 1	S	S	S	S	S
Marco 2	N	S	S	S	S

S: SI N: NO

En la Imagen 2.15 pueden verse las características de cada una de las soluciones constructivas propuestas, con los valores de transmitancia, las distintas capas que componen el sistema y un esquema en sección de este.

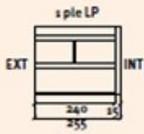
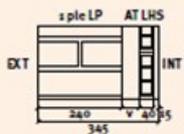
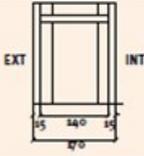
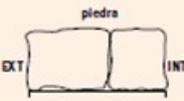
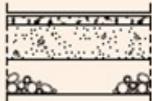
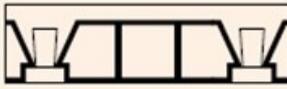
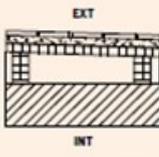
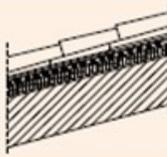
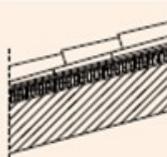
Nombre	Transmitancia	Capas materiales	Secciones
Fachada 1	$U = 2.65 \text{ W/m}^2 \text{ K}$	"1 pie LP métrico o catalán 40 mm < G < 60 mm" + "Enlucido de yeso 1000 < d < 1300"	
Fachada 2	$U = 1.57 \text{ W/m}^2 \text{ K}$	"1 pie LP métrico o catalán 40 mm < G < 60 mm" + cámara no ventilada vertical de 3 cm + "Tabique de LH sencillo [40 mm < Espesor < 60 mm]" + "Enlucido de yeso 1000 < d < 1300"	
Fachada 3	$U = 2.46 \text{ W/m}^2 \text{ K}$	"Enlucido de yeso 1000 < d < 1300" + bloque de hormigón de áridos densos de espesor 140 + "Enlucido de yeso 1000 < d < 1300"	
Fachada 4	$U = 2.15 \text{ W/m}^2 \text{ K}$	"Piedra caliza dura [2000 < d < 2190]"	
Suelo 1	$U = 3.06 \text{ W/m}^2 \text{ K}$	"Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido d > 2000" + hormigón con áridos ligeros con densidad entre 1800 y 2000	
Suelo 2	$U = 2.32 \text{ W/m}^2 \text{ K}$	"Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido d > 2000" + "FU Entrevigado cerámico-Canto 250 mm" + "Enlucido de yeso 1000 < d < 1300"	
Nombre	Transmitancia	Capas materiales	Secciones
Cubierta1	$U = 1.65 \text{ W/m}^2 \text{ K}$	"Plaqueta o baldosa cerámica" + "Tablero de partículas con cemento d < 1200" + cámara horizontal ligeramente ventilada + "FU Entrevigado cerámico-Canto 250 mm" + "Enlucido de yeso 1000 < d < 1300"	
Cubierta2	$U = 0.71 \text{ W/m}^2 \text{ K}$	"Teja de arcilla cocida" + "Tablero contrachapado 700 < d < 900" + "EPS Poliestireno Expandido [0.037 W/(mK)]" + "FU Entrevigado cerámico-Canto 250 mm" + "Enlucido de yeso 1000 < d < 1300"	
Cubierta3	$U = 1.62 \text{ W/m}^2 \text{ K}$	"Teja de arcilla cocida" + "Tablero contrachapado 700 < d < 900" + "FU Entrevigado cerámico-Canto 250 mm" + "Enlucido de yeso 1000 < d < 1300"	

Imagen 2.15 Sistemas constructivos viables (IDAE) [95].

2.3.3 ERESEE

La Estrategia a largo plazo para la Rehabilitación Energética en el Sector de la Edificación en España (ERESEE) [89], tiene por objeto establecer una hoja de ruta con escenarios de intervención, medidas e indicadores de progreso para la rehabilitación energética del parque edificado, residencial y no residencial, público y privado, con el objetivo de transformarlo en un parque de alta eficiencia energética y descarbonizado antes de 2050. Para la elaboración del documento ERESEE 2020 se realizaron diversos estudios e informes de apoyo sobre temas específicos, es el caso del documento: “Segmentación en clústeres tipológicos y caracterización geométrica del parque residencial de viviendas en España”. Con este documento se realiza una segmentación del parque de viviendas de España con el objeto de identificar por provincias el número de viviendas de cada uno de los clústeres elegidos, para posteriormente calcular demandas energéticas y asignar medidas de rehabilitación por tipo de clúster. El estudio utiliza datos del Censo de Población y Viviendas, atendiendo a dos variables fundamentalmente, si se trata de viviendas unifamiliares o edificios plurifamiliares y, por otro lado, al periodo de construcción. En este caso se ha considerado los periodos: anterior a 1940, 1941-1960, 1961-1980, 1981-2007 y 2008-2011. En la Tabla 2.16 puede verse el resultado de la clasificación, que lo define como matriz de los clústeres, la nomenclatura utilizada

Tabla 2.16 Matriz de definición de los clústeres de vivienda [89]

	Uu Vivienda Unifamiliar	Cc Vivienda en edificios plurifamiliares con 2 o más viviendas y 3 o menos plantas	Bb Vivienda en edificios plurifamiliares con 2 o más viviendas y más de 3 plantas
Antes de 1940	Uu <40	Cc <40	Bb <40
1941-1960	Uu 41-60	Cc 41-60	Bb 41-60
1961-1980	Uu 61-80	Cc 61-80	Bb 61-80
1981-2007	Uu 81-07	Cc 81-07	Bb 81-07
2008-2011	Uu 08-11	Cc 08-11	Bb 08-11

El estudio también realiza una interesante matriz de clústeres de vivienda por volumetría, para luego hacer una caracterización geométrica de los mismos para cada tipología de vivienda Imagen 2.16.

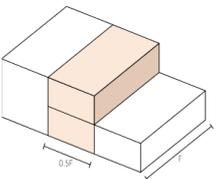
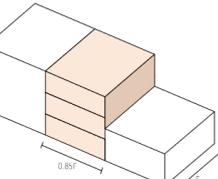
Uu <40					
	Superficie media vivienda tipo (m ²)	113,31	Superficies de envolvente	Por vivienda	Por 100 m ²
	Nº de plantas del edificio	2	m ² fachada	185,22	163,46
	Nº de viviendas por edificio (unifamiliar)	1	m ² fachada OPACA	77,31	68,23
	Relación Frente/Fondo (Edificio tipo)	0,50	m ² fachada HUECOS	15,30	13,50
	Relación Frente/Fondo (Vivienda tipo)	0,50	m ² medianera adiabática	92,61	81,73
	Frente (Edificio tipo) (m)	5,32	m ² cubierta	56,66	50,00
	% Medianeras en contacto con el exterior	25	m ² solera	56,66	50,00
	Cc <40				
	Superficie media vivienda tipo (m ²)	97,86	Superficies de envolvente	Por vivienda	Por 100 m ²
	Nº de plantas del edificio	3	m ² fachada	115,13	117,65
	Nº de viviendas por planta	1	m ² fachada OPACA	55,24	56,45
	Relación Frente/Fondo (Edificio tipo)	0,85	m ² fachada HUECOS	13,21	13,50
	Relación Frente/Fondo (Vivienda tipo)	0,85	m ² medianera adiabática	46,67	47,70
	Frente (Edificio tipo) (m)	9,12	m ² cubierta	32,62	33,33
	% Medianeras en contacto con el exterior	25	m ² solera	32,62	33,33

Imagen 2.16 Matriz de clústeres de vivienda por volumetría [89].

2.3.4 EU Building Stock Observatory. European Commission

El Observatorio de la UE Building Stock (BSO) [97] se creó en 2016 como parte del paquete “Energía limpia para todos los europeos” (*Clean Energy for all Europeans*). El objetivo principal del fue proporcionar a la Comisión Europea una herramienta que mostrara una información completa de las características de los edificios en los Estados miembros de la UE, junto con una metodología claramente definida para un seguimiento continuo del progreso futuro, a través de datos fiables, coherentes y comparables. Establece un marco metodológico, para el seguimiento del stock edificado de la EU en el contexto de la construcción, de políticas de eficiencia energética. Esto consistirá en un conjunto de indicadores cuantitativos bien definidos, orientado a la recopilación y el análisis de datos, así como de estrategias para abordar las lagunas de datos. En el documento muestra un listado de indicadores clasificados por cinco temas, siendo el primero de ellos el correspondiente a: las características de los edificios existentes y consumos energéticos. Con el fin de proporcionar una adecuada información sobre los edificios actuales, el Observatorio muestra diferentes subdivisiones por tipos de edificios, periodos de construcción y tamaño, propiedad, localización y nivel de ocupación. La información está dada por número de edificios, por superficie útil.

El Observatorio tiene como objetivo apoyar el seguimiento de la implementación de políticas de construcción en los Estados miembros de la UE. Para tener una buena visión general y comprensión de los diferentes enfoques nacionales, están disponibles los enlaces a información sobre políticas nacionales, tales como los códigos de construcción para edificios nuevos y existentes. El stock de edificios del Observatorio sirve para centralizar, como un repositorio oficial de información sobre los edificios existentes en Europa. Incluye información sobre tipologías edificatorias, sistemas técnicos, comportamiento energético, necesidades energéticas, condiciones de vida, confort, calidad del aire interior, pobreza energética entre otros. EL Observatorio, además, incluye y promueve los resultados de proyectos basados en la EU, H2020, entre ellos los del proyecto TABULA [84]. En la Imagen 2.17 se representa una muestra de resultados.

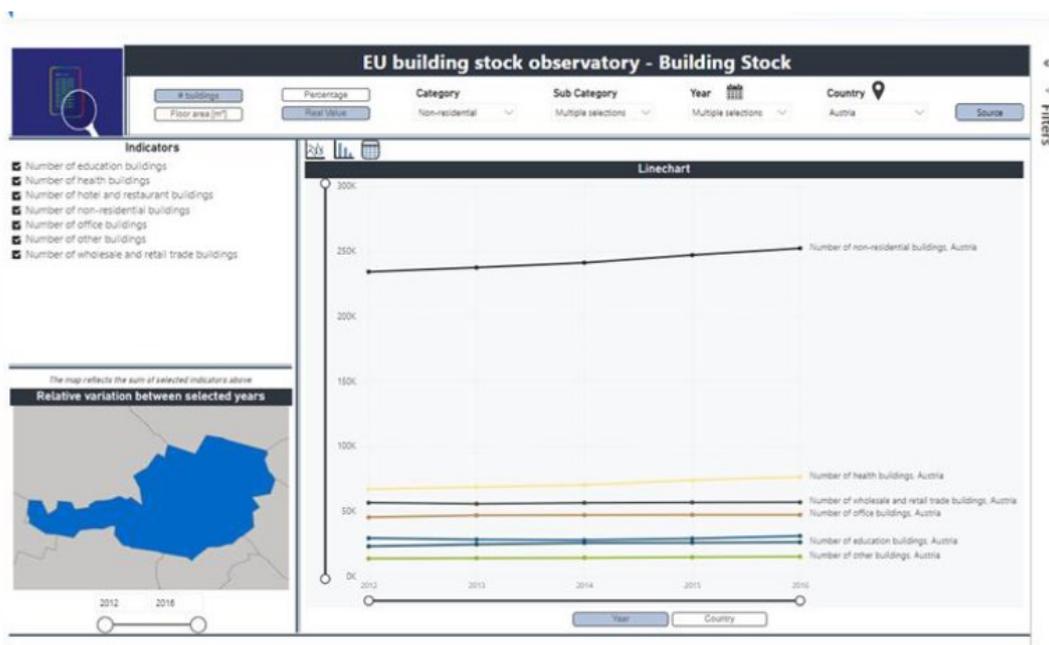


Imagen 2.17 Diagrama de resultados de la plataforma BSO [97]

2.3.5 TABULA Project

El Proyecto TABULA (*Typology Approach for Building Stock Energy Assessment*), [84], ponen el foco en el comportamiento energético del edificio, calculando consumos y/o demandas energéticas, y emisiones de CO², a partir de una tipificación edificatoria del parque urbano. Se trata de un proyecto de investigación internacional llevado a cabo entre 2009-12 con el apoyo del programa de la Unión Europea IEE (*Intelligent Energy Europe*). Dentro de los objetivos propuestos, ha estado desarrollar las tipologías de edificios residenciales de los 13 países europeos participantes en el proyecto. Los edificios se han agrupado por volumetría, etapa constructiva y otros parámetros, tomando como referencia los edificios más característicos para cada tipología. Como resultado, se ha obtenido una muestra representativa de la tipología edificatoria de Europa, para cada uno de los países participantes, para las diferencias climatológicas que presentan y para distintas rentas per cápita que los diferencia. Los países participantes han sido, España (representada por el IVE, Instituto Valenciano de la Edificación), Austria, Bélgica, Bulgaria, República Checa, Alemania, Dinamarca, Francia, Grecia, Irlanda, Italia, Polonia, Suecia y Eslovenia.

Cada país ha desarrollado sus tipologías de construcción específicas, relacionándolas con la energía y con la implementación de medidas de intervención/renovación. La información desarrollada queda plasmada en una herramienta informática de libre acceso denominada "TABULA WebTool" [84], en la que puede intercambiarse la información a nivel europeo, proporcionando cálculos en línea de demanda de energía por parte de *Energyware* (energía primaria, dióxido de carbono y costos). Ello le permite obtener cálculos de referencia para comparar entre países dentro de la unión europea. Sobre la base de las tipologías de edificios residenciales, se han creado modelos de stock para siete países que permiten proyectar el consumo nacional real y el potencial de ahorro de energía.

Consideraciones generales del Proyecto Tabula. El objetivo principal que tienen en cuenta todos los países participantes en el proyecto a la hora de tipificar los edificios es su comportamiento energético y este puede ser utilizado para una gran variedad de propósitos. El proyecto Tabula pretende hacer un enfoque común.

El punto de partida o el foco de atención del Proyecto trata de investigar y clasificar el stock nacional de edificios, definir los periodos de construcción y otros parámetros energéticos relevantes. Una tarea común a todos los países es indicar la frecuencia de los tipos de edificios y calcular posibles ahorros energéticos para dos niveles de intervención/rehabilitación energética para analizar el contexto principal del Proyecto Tabula, el análisis del comportamiento energético del parque residencial.

Definición de una estructura tipológica común. En el proyecto Tabula se recoge mucha información acerca de los criterios tipológicos y del comportamiento energéticos de los edificios en países europeos. Sin embargo, se han implementado muchos conceptos diferentes y el nivel de detalle difiere de un país a otro. Hay que lograr una comprensión general de los principios constructivos y de las instalaciones técnicas de edificios típicos de otros países. Este no es solo un problema de lenguaje, sino que también depende de las diferentes definiciones y tradiciones constructivas. El proyecto Tabula tiene como objetivo encontrar una definición común, la cual sirva como una plataforma para un entendimiento mutuo sobre el consumo energético del stock

construido y las medidas que se tomen para llevar a cabo su reducción. Cada socio del Proyecto/país desarrolla, adapta o actualiza la tipología constructiva de su país. Diseña un sistema de clasificación acorde a la edad de construcción y el tamaño y busca ejemplos de edificios representativos. Los datos de estos edificios (área de la envolvente, valores de transmitancias de la envolvente, U, etc.) y fotografías constituyen la tipología edificatoria del país. De manera análoga, el sistema de suministro de calefacción es desarrollado para el país. Una vez realiza la recopilación de datos, cada país propone medidas de rehabilitación a dos niveles diferentes, típico y avanzado (en el Proyecto EPISCOPE, más actual, propone tres medidas de renovación a nivel estándar, avanzado y NZEB, siendo este último nivel más acorde con las exigencias normativas actuales). Sobre esta base, se calcula el potencial de ahorro de energía y la evaluación del rendimiento energético alcanzable de acuerdo con las reglamentaciones nacionales. Basándose en experiencias existentes se desarrolla un enfoque armonizado para una estructura de tipologías nacionales por el equipo del proyecto.

Así pues, el Proyecto TABULA propone una guía para elaborar una tipología de edificios nacionales y su intención es que esta sea extensible o sirva como base a otros países europeos. La guía sigue el siguiente esquema:

- 1- Definir los tipos de edificios.
 - a. Definir los periodos de construcción en función de:
 - i. Cambios en los usos de materiales de construcción
 - ii. Principios constructivos
 - iii. Arquitectura (diseño)
 - iv. Cambios en exigencias legales, propiedades térmicas de la envolvente
- 2- Encontrar ejemplos de edificios que representen los diferentes tipos
 - a. Muy parecidos en apariencia y estructura, comunes en tu país
 - b. Adquirir datos y fotos de cada ejemplo
- 3- Diferenciar entre regiones y otros parámetros, si es necesario
 - a. Puede ser debido a zonas climáticas diferentes en un mismo país
- 4- Definir los típicos sistemas de suministro para agua caliente más comunes.
 - a. Calcular el comportamiento energético para estos casos asumiendo una instalación común para una vivienda unifamiliar y para un edificio en altura.
- 5- Introducir información en una base de datos común
 - a. Los datos relacionados con energía del edificio y los tipos de sistema (constructivos) se introducen en la base de datos de TABULA *Webtool*
- 6- Publicar la “tipología de edificios”, para que sea utilizada, donde se presente la información fotográfica, descripción del edificio, propiedades energéticas típicas y los posibles ahorros que pueden ser alcanzados tomando medidas de rehabilitación.
- 7- Suplementar la tipología con datos estadísticos.
- 8- Intentar imaginar el consumo energético de los edificios de tu país usando el modelo de stock de construcción. Para evaluar la calidad del modelo debería poder compararse los resultados calculados con información acerca del actual (real) consumo de edificios. La base debe ser el análisis empírico del consumo anual medido y su correlación con los resultados de clasificación de activos o con el criterio tipológico de los edificios (tamaño del edificio, periodo de construcción, sistema de suministro, rehabilitaciones ya implementadas).

A la hora de definir la tipología constructiva de las edificaciones el Proyecto utiliza dos enfoques, uno nacional y otro común. El enfoque nacional obedece a definiciones en concordancia con la normativa y regulaciones propias y necesidades específicas tales como modelizaciones de comportamientos energéticos del stock construido propio. En cambio, con la definición común, se pretende facilitar el intercambio de información entre países, lo cual conlleva a uniformar definiciones, a realizar unos ajustes relativos a la clasificación sistemática, estructuración de datos y cálculo del balance energético aplicable a todas las tipologías independientemente de su origen. Así pues, con el objeto de unificar criterios y tener una estructura de datos común, la recopilación de información se traza según unos parámetros de clasificación, siendo:

- País
- Región
- Año de construcción
- Tamaño del edificio, SFH, TH, MFH, AB
- Parámetros adicionales, adosados, torres, de madera,
- Área de referencia, m², basado en dimensiones internas
- Método de cálculo de la construcción. Cálculo de energía necesaria para calefactar el espacio.
- Condiciones límite. Temperaturas externas, radiación solar

Uno de los beneficios de las tipologías de construcción es proporcionar una base para el análisis energético del stock de edificios nacionales, proponiendo distintos escenarios para sus cálculos. Para cumplir esta tarea la tipología de construcción tiene que estar acompañada por datos estadísticos describiendo la frecuencia de tipos de edificios, sistemas de calefacción empleados y estados de rehabilitación. Para poder hacer comparaciones entre países, el consorcio acordó la siguiente sistemática de recogida de información para ensamblar y mostrar datos estadísticos:

- Frecuencia de tipos de edificios del stock nacional
- Estado de rehabilitación de la envolvente
- Centralización del suministro de calor (para espacio calefactado)
- Distribución del calor y almacenaje del sistema de calefacción
- Generación de calor del sistema de calefacción
- Distribución del calor y almacenaje de sistema de agua caliente domestica
- Generación de calor de agua caliente domestica
- Sistema solar
- Sistema de ventilación
- Sistema de aire acondicionado
- Control del sistema de calor central
- Correlación de la envolvente y modernización del suministro de calor

A continuación, se hace una breve exposición de los criterios adoptados por distintos países que conforman el consorcio TABULA a la hora de realizar la Clasificación Tipológica:

Alemania:

- Tiene en cuenta las Ordenanzas relativas al ahorro energético
- Concluye con 44 tipologías de construcciones residenciales, clasificadas según:
 - Año de construcción
 - Tamaño del edificio

Grecia:

- Concluye con 24 tipologías, clasificadas según:
 - Año de construcción, 3 periodos
 - pre1980: con la entrada en vigor de la normativa nacional sobre aislamiento térmico.
 - 1980/2001: hay una reforma de la normativa que varía los requerimientos técnicos constructivos.
 - 2002/2010
 - Zona climática (4 zonas)
 - Tamaño del edificio (2, family dwelling and apartment block)

Slovenia:

En los 90 hacen un análisis del stock de edificios residenciales existente, centrado en la restauración energética. Se tiene en cuenta el diseño arquitectónico. En 1991 se realiza un censo en función de la cuantía para cada tipo, tiene en cuenta los edificios construidos hasta el año 1980, pues a partir de esta fecha entra en vigor la normativa nacional con mayores restricciones con respecto a las exigencias térmicas en los edificios. Concluye con 18 tipologías, proponiendo un plan de rehabilitación de la envolvente. Con fines estadísticos se hace otra clasificación de tipologías de edificios:

R: Edificios Residenciales
A: Edificios Administrativos
C: Edificios culturales/Educación
M: Edificios Sanitarios
PC: Edificios deportivos
O: Otros edificios públicos
I: Industriales
E: Otros del Sector Económico

Con el fin de desarrollar escenarios energéticos y de emisiones de CO₂, realizan otra clasificación tipológica, estando constituida solo por dos tipologías, (viviendas unifamiliares y edificios de apartamentos), considerando múltiples periodos de construcción, que **corresponden a implantación de normas y leyes nacionales** relacionadas con niveles de eficiencia energética:

- pre-1970
- 71-80
- 81-2002
- Post 2002
- Tipologías **en base a la envolvente y a los sistemas/principios constructivos** típicos de país:
 - Clásica construcción con ladrillos sin aislamiento térmico
 - Clásica construcción con otros materiales
 - Clásica construcción con ladrillos y aislamiento térmico
 - Hormigón prefabricado en paneles
 - Hormigón armado, ...

Las fuentes de información empleadas para la obtención de datos y definir las tipologías constructivas fueron

- Registro de la propiedad.
- Estadísticas nacionales
 - Informes anuales sobre el progreso de los trabajos de construcción
 - Censos, 2002, que contienen datos básicos sobre edificios y restauraciones
- Encuestas sobre consumos energéticos en hogares, ministerio de medioambiente y otras
- Subvenciones nacionales y auditoría energética, el acceso a esta información puede ser difícil
- Certificados energéticos, base de datos. Está en preparación.

Italia:

El estándar italiano UNI/TS 11300 part 1 EN ISO 13790, hace un resumen de los muros típicos, sirviendo como base para hacer una clasificación tipológica. Cada tipología está definida con los siguientes parámetros:

- Las capas que lo componen, (material, espesor, densidad y conductividad térmica)
- La región en la que es común la construcción
- El periodo de construcción

Tienen unos datos estadísticos disponibles en la agencia nacional de energía ENEA, base de datos de certificados energéticos y también de la sociedad italiana de AICARR, sobre calefacción y refrigeración.

Francia:

Tienen una clasificación tipológica no muy detallada, disponible para viviendas individuales y colectivas por periodo de construcción, antes 1975 y después 1975. El ministerio de la vivienda ha empezado a elaborar una tipología de casos de edificios representativos de Francia, los datos que incluyen son: fecha de construcción, dimensiones, propiedades térmicas, sistemas de calefacción. Además, plantean un listado de potenciales rehabilitaciones que mejor se adaptan a la situación de los edificios clasificados. Este será complementado con cálculos de comportamiento energético antes y después de la rehabilitación y los costes de inversión. En otras fases, se proponen incentivos (tasas, préstamos sin intereses...) con el objeto de proporcionar detallada información a los propietarios que tengan casas similares.

Irlanda:

Toman como base un censo de 2006 que hace un resumen de edificios basado en el año de construcción según distintas tipologías, viviendas aisladas, pareadas, apartamentos, etc. Quieren hacer una tipología de construcciones basada en:

- Viviendas unifamiliares o apartamentos
- Año de construcción
- Tipo de muros

Poland:

La clasificación tipológica del stock edificado la hacen en base a:

- Tipo de construcción de las paredes/muros

- Valor de U_transmitancia en paredes, cubiertas y ventanas, W/m²K
- Demanda de calor TJ/a, Kwh/m²a.
- Eficiencia de la fuente de calor %.
- Demanda eléctrica Mw,
- Número de viviendas
- Área útil m²
- M²/persona
- Número de edificios residenciales / apartamentos
- En áreas rurales / áreas urbanas.
- Viviendas unifamiliares / multifamiliares
- Año de construcción
- 5 zonas climáticas

Concluyen en la siguiente clasificación tipológica:

- 6 periodos de construcción: antes 1945-.....-después 2002
- 5 categories de edificios:
 - Vivienda unifamiliar (single family house)
 - Vivienda en hilera.
 - Multifamiliares pequeñas, 5pl +/-.
 - Multifamiliares grandes.
 - Edificios de gran altura.
- 5 sistemas de construcción de muros:
 - De Ladrillo caravista
 - Ladrillo para revestir
 - De hormigón
 - Una sola hoja de bloque
 - Varias hojas, exterior, cámara, AT y hoja interior.

Presenta valores de mejora de U para rehabilitaciones según normativa (*Building Code*) y valores económicamente rentables, Tabla 2.17.

Tabla 2.157 Valores de transmitancias térmicas (U). Adaptada [81]

Elemento del edificio	U-Transmitancia según normativa W/m ² K	U-Transmitancia económicamente rentable W/m ² K
Tejado	0.30	0.20
Muros exteriores con varias hojas	0.30	0.25
Muro exterior con una sola hoja	0.50	0.25
Techo sobre el sótano	0.60	0.33
Piso sobre el suelo	0.60	0.33
Ventana	2.60	1.30
Puerta exterior	2.60	2.00

Austria:

No tienen una tipología de edificios como tal definida. Pero se basan en bibliografías sobre la arquitectura austriaca de los siglos XIX y XX, donde se definen las construcciones características y los materiales que se utilizan. Existen guías donde se describen las construcciones típicas, incluyendo resultados de valores de transmitancias de los elementos que configuran la envolvente del edificio. La agencia austriaca de energía (*Austrian Energy Agency*), dispone de bases de datos sobre el comportamiento energético de los inmuebles, certificados energéticos, donde pueden encontrar información acerca del tamaño de los edificios tipo. La oficina de estadística del país (*Statistical Office Austria*), tiene una clasificación de edificios por periodos de construcción y número de edificios (pero no hay tipos), existe una especie de micro censo. Los años de construcción en los que clasifica los edificios son:

Pre-1919; 19-44; 45-60; 61-80; 81-90; post 1991

Bulgaria:

Toman datos del stock de viviendas del Instituto Nacional de Estadística y son utilizados como base para la preparación del análisis y pronósticos acerca de políticas de vivienda a nivel municipal y nacional. Hasta el año 2000 identifican 4 tipos de construcciones principales atendiendo al sistema constructivo:

- Sistemas a base de paneles, prefabricados
- Construcción en acero y hormigón
- Estructuras sólidas
- Estructuras a base de entramado, no especifica si metálico o de madera

Desde 2001 hay tres clasificaciones principales para edificios, atiende al sistema constructivo:

- Estructura de acero-hormigón y las paredes de paneles, ladrillo u otros
- Estructura de acero-hormigón, pero no hay pilares, estructuras a base de muros, paredes de ladrillo o piedra. Forjados prefabricados de hormigón
- Otros edificios, estructuras de piedra, ladrillos secados al sol, madera y otros materiales

También tiene información sobre porcentajes de edificios por años:

- Hasta 1919, 19-45, 46-60,
- 61-70, a partir del año 1961 empieza a aplicarse la primera normativa con requerimientos sobre aislamiento térmico en Bulgaria, con exigencias especiales para valores mínimos de la resistencia térmica total de transmisión de calor, con el fin de no causar condensaciones en la superficie interna del edificio durante los fríos inviernos. Debido a los bajos precios de la energía y las ayudas estatales, las instalaciones de calefacción fueron diseñadas de forma no muy eficiente y generalmente sobredimensionadas. Después de la crisis del petróleo a finales de 1970 los edificios a base de paneles fueron mejorando.
- 71-80
- 81-90, en 1987 aparecen nuevos requerimientos normativos donde los requisitos térmicos aumentan entre el 35-40%. El coeficiente de transferencia de calor global característico edificio está en uso desde 1987

- 91-2000
- Post 2001

El Programa Nacional Para La Renovación De Edificios Residenciales da paquetes de medidas con coste por vivienda de área total 75m².

En marzo de 2005 el *Minister of Regional Development and Public Works*, adoptó las mínimas exigencias reglamentarias para todos los edificios nuevos, que están en función del tipo de edificio, **residencial o no** (educación, hospital, oficinas, hoteles, escuelas) y determina:

- El máximo valor de U, determinado acorde con la norma búlgara EN ISO 6946.
- Consumo máximo de energía primaria por m² de área de planta

Estos valores, de Transmitancia y consumos máximos, los da en función del tipo de construcción del muro y elementos (no lo hace por tipo de edificio como otros) y estos tipos son:

- Muros externos y aquellos rodeados de áreas no calentadas.
- Paredes de barra y en áreas con calefacción.
- Muros externos que bordean la tierra, ...

Hace una clasificación de número total de edificios en función del número de plantas, hasta 3, 4,5,6,7,8,9 y más de 10. Esta clasificación la consideran importante para hacer análisis sobre la posibilidad de descentralizar y la co-generación de la calefacción. Tienen valores de U de muros/paredes exteriores, interiores, tejados y suelos de planta baja, para tres periodos

Up to 1987 / After 1987 / After 1999

En 2008 aparece una nueva ley sobre eficiencia energética, variando los requerimientos energéticos, ello lleva a una política estatal enfocada hacia la mejora de la eficiencia energética.

Republica Checa:

El esquema de clasificación de la tipología de edificios checos está actualmente en desarrollo, con el objetivo de encontrar los patrones más representativos de cada categoría. Una tercera parte de los edificios existentes en la Republica Checa están construidos con sistemas estandarizados prefabricados de hormigón, ello es debido al auge de esta tecnología/industria en el periodo de 1950-90. Hacen una clasificación por periodos de construcción, describiendo el material y la tecnología constructiva:

- Antes 1920, piedra, ladrillo.
- 21-45, piedra, ladrillo, fabricadas in situ.
- 46-60 ladrillo, bloque, fabricadas in situ.
- 61-80 ladrillos, bloque de hormigón ligero, fabricadas in situ, madera.
- 81-94 ladrillos, bloque de hormigón ligero, fabricadas in situ, madera.
- 95-2001 ladrillos, bloque de hormigón ligero, fabricadas in situ, madera.
- Después 2001, ladrillos, bloque de hormigón ligero, madera.

Dinamarca:

La construcción tradicional y las normativas van cambiando a través del tiempo y es crucial adquirir conocimiento acerca de las construcciones de edificios típicos, prácticas constructivas y

normativas en diferentes periodos. En Dinamarca tienen los edificios clasificados en 8 periodos, acorde a las normativas energéticas, al diseño, a la construcción y a los materiales. Los periodos son identificados en base a la evolución en las prácticas constructivas y otra parte en cambios que se producen por exigencias normativas en referencia a la normativa.

- 1850-1930
- 1931-50, se introduce la fabricas con cámara de aire
- 51-60, se introduce el aislamiento en muros
- 61-72, se introducen los primeros requisitos energéticos a nivel nacional BR61
- 73-78, se ajustan los requerimientos energéticos BR72
- 79-98 se ajustan los requerimientos energéticos BR78
- 99-2005 se ajustan los requerimientos energéticos BR95/BR-s98
- 06-10 se ajustan los requerimientos energéticos 2005/BR08 y planea ajustes para el 2010

Hacen una clasificación de cinco tipologías edificatorias. El punto de vista de la clasificación es para el cálculo de ahorros energéticos. La tipología representa el promedio de todos los edificios certificados. Los cinco tipos son:

- Casas Aisladas.
- Casas Adosadas.
- Granjas.
- Bloques de viviendas.
- Oficinas y Comercios.

Para cada tipología de edificio, cada periodo y cada elemento constructivo tienen su valor de Transmitancia U.

El organismo de registro de edificios en stock (*Building Stock Register*), les proporciona información acerca de:

- Como se ha construido la envolvente, lo que les da información para poder adoptar las mejores medidas para ahorrar energía
- Energía suministrada a los edificios, información sobre recursos de energía primaria y secundaria. La agencia de energía danesa recoge información acerca de Consumos de energía en diferentes categorías de edificios y por tipos de energía: fuel, natural gas, district heating, etc. Para plantear escenarios de actuación, es necesario tener información sobre políticas nacionales de suministro de energía.

Conclusiones:

En general, todos hacen una clasificación por periodos de construcción que atienden a:

- Sistemas constructivos o materiales que ese utilizaban en las épocas o etapas consideradas.
- Cambios normativos en las exigencias en cuanto a eficiencia energética de los edificios se refiere. Mayores aislamientos en la envolvente.
- En general, la información la obtienen de Institutos Nacionales de Estadística y censos, que reúnen información sobre construcciones y que actualizan más o menos de forma regular anualmente.

- Los datos que se dan sobre los edificios son principalmente, el área, número de plantas y valores U de la envolvente, considerando esta, la cubierta, las fachadas, el suelo en contacto con terreno/exterior y ventanas.
- En general las clasificaciones son viviendas unifamiliares aisladas, adosadas, y bloques de pisos, distinguiendo hasta 4 alturas, +/-, y a partir de 6.
- La mayoría de las clasificaciones deja fuera los edificios públicos, institucionales, comerciales, sanitarios, docentes, lógicamente por ser edificios singulares y más difícil su tipificación por su menor cuantía. Sería interesante su inclusión si se trata de valorar el aspecto urbano y los servicios disponibles en un radio poblacional determinado.

Con el fin de que la metodología sea válida para todos los países, primero hay que identificar las normativas de obligado cumplimiento desde su inicio. Este será el punto de partida. Las primeras normativas hacen referencia a garantizar la estabilidad de los edificios aspectos más técnicos, desde el punto de vista de resistencia, caculos estructurales, exigencias de carga, etc. Cuando el aspecto de la estabilidad estructural está resuelto con los materiales de construcción con los que se cuenta (hormigón y acero) y aumenta la sensibilidad hacia el aspecto medioambiental, se empiezan a desarrollar normativas donde el ahorro energético es lo más importante. A partir de este punto, se comienza a ser más exigentes en el aislamiento del edificio, y por tanto a elevar los requerimientos técnicos en la envolvente del edificio. Los valores límites de Transmitancias térmicas pasan a ser más exigentes, en cubiertas, fachadas, suelos en contacto con el exterior o el terreno y las ventanas. La entrada de los eurocódigos marca una política de actuación común. Estos disponen unas premisas a las cuales deberán adaptarse las normativas nacionales correspondientes (EHE, EAE, CTE)

En Imagen 2.18 se observa la apariencia de la herramienta WebTool en donde se identifican la posibilidad de seleccionar el país objeto de estudio y seleccionar la tipología edificatoria según el ambiente considerado. A partir de la selección se dan datos geométricos, constructivos y energéticos mediante la navegación por las distintas carpetas de la herramienta.

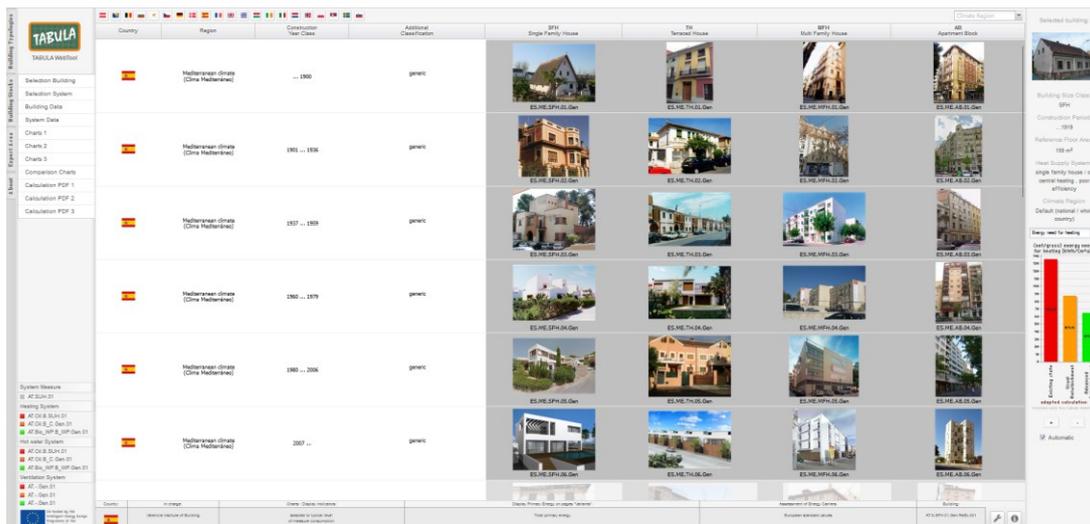


Imagen 2.18 Representación tipologías edificatorias herramienta WebTool [100]

2.3.6 EPISCOPE Project

El Proyecto Europeo EPISCOPE [98], (*Energy Performance Indicator Tracking Schemes for the Continuous Optimisation of Refurbishment Processes in European Housing Stocks*) [99] se lleva a cabo entre 2013-16 con el apoyo del programa de la Unión Europea IEE (*Intelligent Energy Europe*), como continuación de un Proyecto anterior denominado TABULA. En el Proyecto Tabula se desarrollaron unos conceptops y contenidos sobre tipologías edificatorias que luego fueron utilizados según el enfoque sobre el seguimiento del parque inmobiliario de Proyecto de Episcope. El proyecto trata de dar más transparencia y efectividad a los procesos de rehabilitación energética en el ámbito de la edificación, a diferentes niveles de actuación, nacional, regional y local. Proponer/implementar acciones piloto con una metodología común.

El marco conceptual se basa en el esquema de clasificación de las tipologías edificatorias a escala residencial, que se han desarrollado en el proyecto de investigación internacional IEE TABULA y todo ello aplicado mediante la herramienta WebTool [100], la cual se actualiza según las interpretaciones de los requerimientos nacionales, incluidas las de “Edificios de energía casi cero” (NZEB). La metodología que resulta es la base para la evaluación prevista y la comparación de diferentes estrategias e impactos de renovación. En general, el proyecto plantea rastrear el progreso de rehabilitación energética de las viviendas.

Los objetivos específicos que se plantean durante el proyecto son:

- Actualizar y Ampliar los resultados del proyecto TABULA [100] a otros países, Eslovenia, Reino Unido, Irlanda, Hungría, Chipre, Holanda y Noruega.
- Plantear un conjunto de medidas de renovación a nivel estándar, avanzado y NZEB, con los cálculos energéticos y sus ahorros según la medida adoptada. (el planteamiento de esta tesis es, que las medidas lleven asociadas el impacto ambiental que producen (con materiales más sostenibles medioambientalmente), bases de datos de sistemas constructivos con mayor o menor carga medioambiental, siempre eficientes desde el punto de vista energético, facilitar la ejecución, para evitar trastornos en los propietarios, lo más sistematizadas o industrializadas, y económicamente viables estudiadas. Estudio integral de las intervenciones econo-socio-ambientalmente)
- Comprobar el progreso de rehabilitación energética de las viviendas.
- Conocer sobre consumos energéticos reales de edificaciones existentes mediante monitoreo del conjunto de indicadores de rendimiento energético, para así dirigir los procesos de intervención/restauración de manera más eficiente.
- Establecer escenarios para determinar ahorros a medio y largo plazo.

Dentro del marco de los proyectos TABULA y EPISCOPE, analizados, se desarrolla la herramienta TABULA *WebTool* [100]. La herramienta proporciona datos de tipologías de edificios de los países colaboradores, según se han expuesto en el apartado anterior. También se presentan datos de valores de transmitancia de la envolvente, así como de sistemas de suministro de energía, valores tipo de consumos energéticos.

El Instituto Valenciano de la Vivienda [101], ha sido uno de los partícipes en los proyectos europeos Tabula y Episcope descritos y en esta misma línea, ha formado parte como socio del Proyecto Horizon 2020, *Save The Homes* [102], y también del Proyecto REMODULEES [103]. El objetivo *Save the Homes* ha sido facilitar la renovación de las viviendas de manera rápida y asequible para sus propietarios, con el propósito de contribuir a un aumento de la tasa de

renovación anual mayor del 3% en el sector residencial. Como resultado se ha desarrollado una herramienta denominada RenovEU [104] a nivel regional y otra a nivel nacional RenUEva [105] Imagen 2.19, que le permite al ciudadano, calcular de forma aproximada el consumo energético de su edificio, a partir de unas propuestas de mejora de la envolvente y además cumpliendo con los requisitos necesarios para la obtención de las ayudas *Next Generation*. La herramienta RenovEU en colaboración con la Generalitat Valenciana, y RenUEva en colaboración con el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana.



Imagen 2.19 Entorno de la herramienta renueva [104].

2.3.7 Otras fuentes

Otros estudios realizan el análisis de las tipologías edificatorias a través de una caracterización de la taxonomía urbana, [58]. Se recopilan e identifican datos previos sobre la realidad urbana del barrio, para en una fase experimental posterior analizar las variables obtenidas. Finalmente extrapola los resultados a escala urbana. Para llevar a cabo la caracterización del parque residencial de edificios recaba información del PGOU, Plan gran de ordenación urbana de la ciudad, de tipo cartográfico e información directa del Catastro actualizada. El procedimiento para la caracterización de la taxonomía urbana se realiza a cuatro escalas:

- **Ciudad**, analiza la malla urbana, irregular, radial, lineal, ortogonal.
- **Barrio**, especifica si se trata de centros históricos, barrios de ensanche próximos al centro, nuevos desarrollos correspondientes a barrios recientes o barrios suburbanos o periféricos.
- **Manzana residencial o urbana**, geometría, la existencia de patios, densidad media-alta-baja.
- **Edificio**, ocupación: plurifamiliar-unifamiliar; año de construcción, numero plantas; adyacencia (aislado-entre medianeras).

Con la caracterización de la taxonomía urbana recrea la visualización mediante georreferenciación, de forma que le permite un mejor análisis de la relación entre las manzanas urbanas y las tipologías edificatorias.

El autor considera, para su estudio, un conjunto de variables que le permitirán analizar el comportamiento energético de los edificios a escala urbana, estas son:

- MU, Manzana Urbana
- H/W, altura edificio/ancho calle
- O, Orientación
- S/V, Superficie/Volumen, Factor de Forma
- A, año de construcción

Las referentes a factor forma y año de construcción son las que servirán para definir las tipologías edificatorias. El factor forma, S/V, viene determinado por la morfología del edificio y se clasifica en función de tres aspectos, la ocupación (edificio pluri o unifamiliar); el número de plantas y adyacencia (aislado o entre medianeras). EL factor forma S/V es un valor (se expresa de forma numérica), evalúa la mayor o menor exposición de la envolvente a las condiciones de contorno. El covariable año de construcción, A, determina la definición de la tipología edificatoria. Los periodos temporales se identifican en hitos históricos y normativos relevantes. Los periodos temporales o etapas de clasificación pueden ser definidos por épocas en las que se empleaba técnicas de construcción similares, atendiendo a tres razones principales:

- **Soluciones constructivas representativas**. Según la antigüedad del edificio.
- **Hitos históricos**, situaciones políticas e históricas pudiendo condicionar la forma de construcción.
- **Normativa de edificación**, desde el punto de vista de eficiencia energética en edificación. La entrada en vigor o modificación de ciertas legislaciones aplican cambios que pueden suponer puntos de inflexión en el uso del aislamiento térmico. La normativa más reciente endurece los requisitos y las exigencias.

Los periodos de construcción se caracterizan mediante la asociación de un valor de la Transmitancia, U, para cada uno de los elementos de la envolvente térmica. Ello permite crear bloques de soluciones constructivas comunes, de forma que se asigna un valor de transmitancia térmica (U) para cada solución y para cada etapa constructiva Imagen 2.20

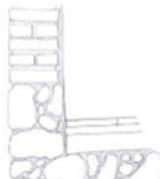
Periodo temporal	Estructura	Fachada	Cubierta	Normativa	Datos históricos	
Finales S.XIX	Muros de carga de mampostería o de ladrillo (reducción de 2 a 1 pie a medida que se crece en altura). Altura hasta 6 plantas. Vigas y cerchas de madera y acero laminado.	Elemento estructural. 1 hoja. Sin aislamiento térmico.	Cubiertas inclinadas con viguetas y rollizos de madera/perfiles laminados de acero, y falso techo de calizo y yeso. Cubiertas planas "a la catalana" ventiladas con solado sobre tabiquillos conejeros.	-	Revolución Industrial, expansión económica.	
1900-1910	Muros de carga de ladrillo, enfoscados y revocos.			-	Estilos arquitectónicos: - Modernismo y eclecticismo - Secesión vienesa - Racionalismo en arquitectura residencial popular	
1910-1920	Ligera introducción del acero.			-		
1920-1930				-	1939 Creación Instituto Nacional de la Vivienda: Comienza la construcción de miles de viviendas sociales protegidas. 1939 Dirección General de Arquitectura del MP de Gobernación.	1931-1939 República española 1936 Guerra civil española Estilos arquitectónicos: - Expresionismo - Racionalismo (influencia internacional)
1930-1940				-	Plan de Obras Públicas. Plan de Ordenación y Reconstrucción Nacional. Decreto limitación uso hierro en edificación (1941).	Autarquía española-dictadura (1940-57) Escasez de material como consecuencia de la guerra. Aparición hormigón aligerado para cubiertas. Estilos arquitectónicos (1940-57): - Expresionismo. - Racionalismo - Arquitectura franquista
1940-1950	Muros de carga de ladrillo, enfoscados y revocos. Introducción del acero. Hormigón armado, estructuras portadas con luces de 3-4 metros. Vigas de canto/colgadas. Entrevigados de bovedillas de yeso, hormigón y cerámicas. (Frentes de forjados chapado de piedra, en ocasiones)	Elemento NO estructural. Doble hoja: 1/2-1 pie + LH4. Sin aislamiento térmico.	Cubierta inclinada caliente (soporte inclinado). Cubierta inclinada fría con cámara de aire ventilada (soporte horizontal y cerchas madera/tabiques conejeros). Cubierta plana "a la catalana" ventilada.	MV (1957) Normas técnicas del sector de la edificación.	MV Desarrolladas por la Dirección General de Arquitectura del MP de Gobernación.	
1950-1960			Cubierta inclinada caliente/fría. Cubierta plana "a la catalana" ventilada. Incorporación barrera de vapor entre			

Imagen 2.20 Caracterización temporal de los Sistemas constructivos en edificios residenciales [58].

En este estudio Hernández [58], hace un cruce de información entre las covariables factor forma (S/V) y el año de construcción (A), dando lugar a una matriz de tipologías de edificios, según se muestra en la Imagen 2.21.

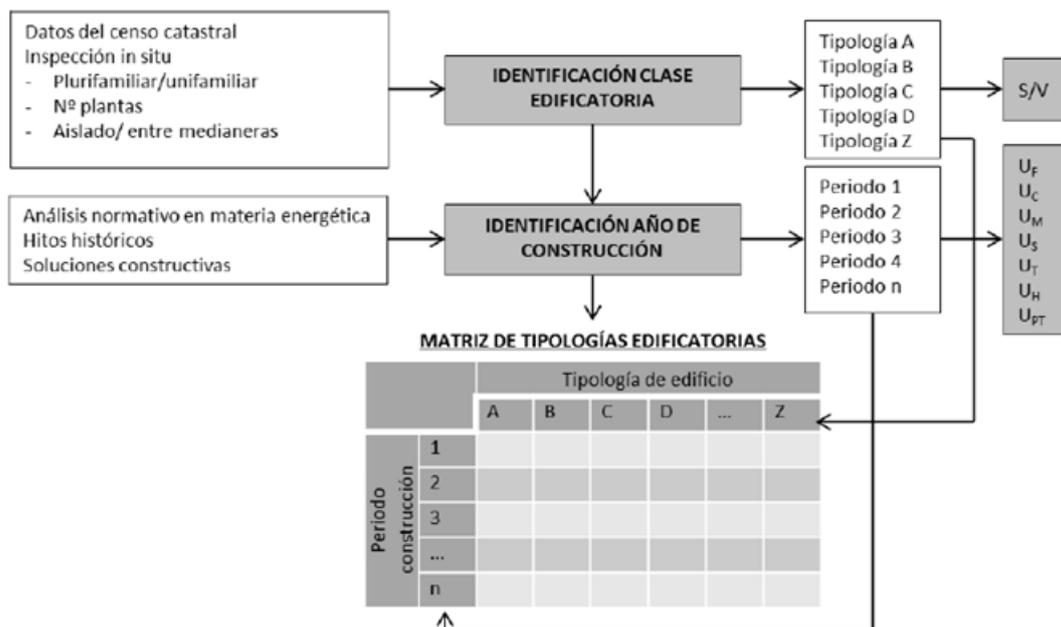


Imagen 2.21 Matriz de tipologías edificatorias [58].

El mismo autor hace una caracterización urbana a cuatro escalas, Ciudad, Barrio, Manzana Residencial y Edificio Imagen 2.22. El parque residencial de edificios existentes lo caracteriza en dos tipologías, una de manzanas urbanas y otra de edificios. Ambas tipologías están íntimamente relacionadas entre sí. Identifica los tipos de manzana presentes en el área urbana objeto de estudio y luego las tipologías edificatorias asociadas.

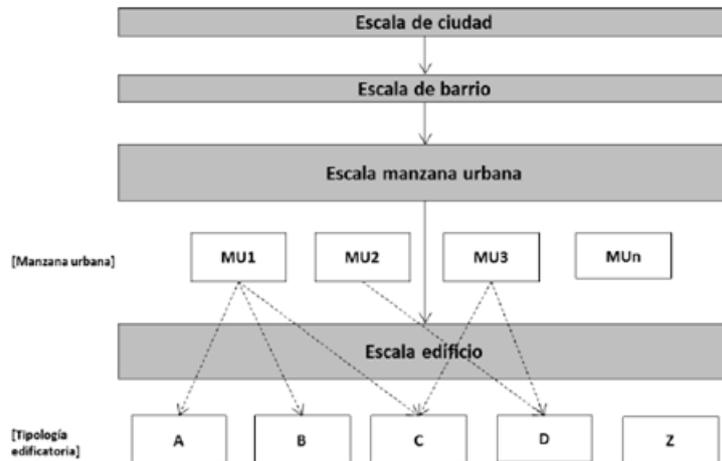


Imagen 2.22 Caracterización urbana por escalas [58]

Escala ciudad. Identifica patrones urbanos (irregular, radial, ortogonal), que se corresponden con el desarrollo urbanístico.

Escala barrio. EL PGOU diferencia doce zonas residenciales, cuyas ordenanzas urbanísticas particulares condicionan la configuración urbana y delimitan los barrios.

Escala manzana urbana. Hace un estudio de tipologías de manzanas tras analizar el planteamiento urbano e identificar los barrios. Analiza la geometría, si existen patios de manzanas / luces, edificios aislados o entre medianeras y la densidad urbana (media, alta, baja). El patrón urbano influye directamente con la morfología de la manzana.

Escala edificio. Para caracterizar la tipología edificatoria tienen en cuenta los dos parámetros, S/V y A:

De cada tipología edificatoria definida según factor forma (S/V) y año de construcción (A), se selecciona un edificio representativo del espectro de edificios de su misma clase. Luego con estos hace una simulación energética.

Los datos para realizar la clasificación edificatoria están disponibles en el catastro (antigüedad, clase edificatoria, núm. de plantas, superficie, etc.). La herramienta SIG permite visualizar gráficamente el parque residencial consolidado. La creación de una base de datos SIG representa una acción transversal en la metodología, la necesita para realizar el diagnóstico energético del entorno urbano y generar mapas.

Con el uso de la herramienta GIS y con los datos catastrales crea una base de datos georreferenciada, esto representa una acción transversal a lo largo de la etapa de trabajo. En la Imagen 2.23 se observa el modo de representación informativa de las distintas clases de edificios.

Clase de edificio	Situación	MU	PF/UF	Adyacencia	Nº plantas	
PF _A (≤4)		• Nuevos desarrollos urbanos • Barrios periféricos	MU5	PF	Aislado	≤ 4
PF _A (>4)		• Nuevos desarrollos urbanos • Barrios periféricos	MU5	PF	Aislado	>4
PF _M (≤4)		• Centro histórico • Ensanche próximo al centro histórico • Barrios periféricos	MU1 MU2 MU4	PF	Entre medianeras	≤ 4
PF _M (>4)		• Ensanche próximo al centro histórico • Centro histórico	MU1 MU2 MU3 MU4	PF	Entre medianeras	>4
UF _A (≤4)		• Nuevos desarrollos urbanos • Barrios periféricos		UF	Aislado	≤ 4
UF _M (≤4)		• Nuevos desarrollos urbanos • Barrios periféricos • Centro histórico		UF	Entre medianeras	≤ 4

Imagen 2.23 Identificación de clases de edificios [58].

A efectos normativos los hitos más relevantes a considerar y que van a condicionar los periodos de construcción (A) seleccionados son:

- 1957, Normas MV, Ministerio de la Vivienda, Dirección General de Arquitectura.
- 1968, EH-68, Instrucción Del Hormigón Estructural, Gobierno de España.
- 1972, NTE, Normas Tecnológicas de La Edificación, Ministerio De Vivienda, no obligatorias.
- 1977, NBE, Normas Básicas De La Edificación Ministerio De Obras Publicas Y Urbanismo, prescriptivas.
- 1979, NBE CT 79, Noma Básica sobre las Condiciones Térmicas en los Edificios, obliga a disponer aislamiento térmico en los cerramientos, limitándose las pérdidas de energía térmicas por la envolvente. A partir de la entrada en vigor de esta norma, supone un cambio en las condiciones constructivos de los edificios, aumentando la calidad en la edificación.
- 2006, CTE, Código Técnico De La Edificación, Ministerio de Presidencia 2007, se endurecen los requerimientos desde Europa, en relación con la eficiencia energética de los edificios, (Comisión Europea 2002)

- 2013, modificación del CTE, Procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios, ministerio de la presidencia 2013. Se limita la demanda de energía en los edificios, CTE HE 1, con el objeto de reducir consumos energéticos y limitar emisiones de CO₂, indicadores que deben ser demostrados con la certificación energética del edificio obligatoria.

Atendiendo a lo anterior, los autores hacen una clasificación de 5 periodos temporales:

- pre1940, guerra civil española (1939)
- 1940-1959, 1ª norma de la edificación (1960)
- 1960-1979, NBE CT -79, 1ª norma energética
- 1980-2006, CTE 2006, transposición de EPBD, 2002
- 2007-2013, CTE 2013, transposición de EPBD, 2010

Concluye su estudio en 5 periodos constructivos y 6 clases de edificios, dando lugar a 30 tipologías edificatorias, según muestra Tabla 2.18.

Tabla 2.178 Tipologías edificatorias resultantes según análisis [58].

Ocupación	Adyacencia	Nº plantas	Clase edificio	Año de construcción	Tipología edificatoria
PF	Aislada	≤ 4	PF _{A(≤4)}	1: <1940 2: 1940-1959 3: 1960-1979 4: 1980-2006 5: 2007-2013	30 tipologías: [1PF _{A(≤4)} , 2PF _{A(≤4)} , 3PF _{A(≤4)} , 4PF _{A(≤4)} , 5PF _{A(≤4)} , ..., 6UF _{M(≤4)}]
	Entre medianeras	> 4	PF _{A(>4)}		
UF	Aislada	≤ 4	UF _{A(≤4)}		
	Entre medianeras	> 4	UF _{M(>4)}		

La parte experimental de la presente tesis tratará de optimizar el número de tipologías edificatorias, tal que faciliten el estudio urbano.

Otros autores hacen un estudio de la distribución espacial y cronológica de las edificaciones en sus investigaciones, incluso de la composición de los propios edificios [106], para concluir en edificios tipo. Estos edificios tipo se utilizan como modelos para el cálculo energético. En el cálculo de la demanda energética debidas al efecto del soleamiento, concluye que no es un valor determinante dado que los huecos ocupan un porcentaje bajo respecto al total de la superficie de la fachada (20%), reduciendo su impacto y también por ser calles bastante homogéneas y estrechas en relación con la altura, con las consiguientes sombras que producen.

Analizada la revisión bibliográfica con respecto a la tipificación edificatoria, se observa que los autores hacen referencia mayoritariamente a los sistemas constructivos empleados en la envolvente del edificio, para las diferentes etapas constructivas consideradas No se especifica claramente, las características técnicas de las carpinterías y vidrios empleados en dichos periodos. Es obvio que, tan importante es la transmisión térmica que se produce a través de los elementos de la envolvente opacos (cubiertas, fachadas, suelos) como a través de los huecos, a través de los cuales la transmisión de calor o la captación de calor ha de ser controlada. Así pues, a la hora de proponer estrategias o escenarios de intervención de rehabilitación energética, deberemos conocer los sistemas de carpintería empleados según los periodos, que obviamente habrá que proponer su mejora mediante la sustitución. A continuación, se hace una breve exposición de la evolución de los distintos materiales empleados en los sistemas de carpintería,

así como en su acristalamiento [107]. Los sistemas de carpintería más comunes, según los materiales empleados, son los sistemas de madera, aluminio y PVC.

El material tradicional empleado en carpintería, por excelencia, ha sido la madera, con secciones de sus perfiles entre 80 y 90 mm de espesor. Ya desde la arquitectura tradicional hasta los años 50, podemos considerar su uso casi en exclusividad, empleando vidrios simples o monolíticos de 3 mm. de espesor. En los años 60, 70 y 80, coincidiendo con los años de mayor construcción, las secciones de madera se reducen, para pasar a 45 mm. aproximadamente, pero los vidrios siguen siendo monolíticos de 3mm de espesor, donde no están adecuadamente tratados las juntas de estanquidad, tales como las gomas, conllevando ello grandes flujos de aire a su través, por una permeabilidad no resuelta correctamente. Frente a otros materiales, la madera, tiene unas mejores prestaciones frente a las Transmitancia térmicas, pero el problema principal que presentan estos sistemas, son las juntas vidrio/carpintería mal resuelta y los vidrios empleados. Estos ocupan una gran superficie del hueco y son un punto de transmisión de frío/calor muy elevado. A partir de mitad de los años 80 hasta los 90, las secciones de los perfiles de la carpintería pasan a ser de 57mm aproximadamente y empiezan a colocarse juntas de estanquidad. Los sistemas de carpintería mixtos, es decir, combinación de madera y aluminio, con secciones a partir de los 68 mm, se incorporan en los años 90. Con la introducción del CTE 06, las carpinterías de madera presentan mejores prestaciones tanto en sus secciones, que pasan a 78, 88 y 92 mm., así como en sus acristalamientos.

Respecto a los sistemas de carpintería de aluminio utilizados sobre los años 60, corresponden a secciones de 40mm para ventanas practicables o abatibles y entre 55 y 65 mm. para las deslizantes o correderas. Hacia los años 70 las series de aluminio deslizantes aumentan sus secciones para pasar a los 70mm. Estas secciones no presentan roturas de puente térmico, por la falta de exigencias normativas. Es en los años 90 cuando empiezan a aparecer los primeros sistemas con rotura de puente térmico, con secciones de 60 mm aproximadamente, pero su generalización se impone a partir del año 2000, aproximadamente, quizás por un factor económico principalmente, empleando secciones que van desde los 45 a 120mm. EL puente térmico en carpinterías se resuelve mediante la interposición de materiales con baja transmisión térmica. Estos materiales inicialmente eran resinas o materiales aislantes fluidos los cuales se solidificaban al enfriarse, uniendo los perfiles interiores con los exteriores. A partir de los años 80 y hasta la actualidad, se incorporan las pletinas de poliamida, evolucionando en tamaño y forma para aumentar las prestaciones térmicas de los perfiles y adaptarse a las imposiciones normativas, así como a la demanda de los diferentes mercados nacionales e internacionales, cuyas prestaciones o exigencias pueden llegar a ser más elevadas, dependiendo del país.

En los años 80 se incorpora al mercado de las carpinterías los sistemas de PVC con tres cámaras, pero no será hasta los años 90 donde se produzca una mayor generalización. En los años 2000 se pasa a sistemas de secciones con 5 cámaras y espesores entre 55 y 60 mm. Es a partir de 2006 se incorporan las 7 cámaras y secciones de 70 mm., evolucionando a los 80 mm. en 2012. En la Tabla 2.19 se muestran los valores de transmitancia térmica de los marcos de carpintería según periodos constructivos [107].

Tabla 2.19 Valores de transmitancias térmicas en carpinterías según periodos. Tabla adaptada [107].

Periodo	1980	1990	2000	2010	2013
Transmitancia del marco Uf (W/m2K)	2.2	1.8	1.3	1.3	0.9
Cámaras	3	3	5	5-7	5-7
Secciones	55-60 mm			70 mm	80 mm

Hasta principios de los años 80, prácticamente se usa un solo vidrio, llamado vidrio monolítico o simple. Es en los años 90 cuando empieza a generalizarse el uso del doble acristalamiento, quizás en promociones de alta gama pueda verse la utilización de este vidrio en los años 80. Inicialmente la composición de estos vidrios más común es 4+6+4, equivalen a dos vidrios de 4mm de espesor y una cámara de aire 6mm, esta composición equivale a una Transmitancia Térmica de 3.3 W/m2K. Las prestaciones de los vidrios se van mejorando a medida que aumenta la cámara de aire, 12mm a finales de los 90. En el año 1995 aproximadamente, empiezan a incorporarse el concepto de baja emisividad en los vidrios, pero realmente empieza a tener mayor presencia en la construcción en los años 2000, aproximadamente el 10% de los edificios. Con la incorporación del CTE 2006 y ante las mayores exigencias prestacionales empieza a incrementarse el empleo del vidrio bajo emisivo o de aislamiento térmico reforzado. Las cámaras de aire entre vidrio son de entre 12 y 16 mm, pudiendo estar llenas de otros gases, tales como el Argón, que mejoran las prestaciones térmicas [107], se muestra un resumen en la Tabla 2.20.

Tabla 2.20 Valores de transmitancias térmicas en vidrios según periodos. Tabla adaptada [107].

Periodo	1970-1980	1980-1990	1995-2000	2007	2013
Tipo vidrio	Monolítico	Doble vidrio	Vidrios bajo-emisivos (aprox 10%)	Vidrios bajo-emisivos (mayor 10%)	Vidrios bajo-emisivos (aprox 25%)
Transmitancia del vidrio Ug (W/m2K)	5.7	3.3	1.8-1.6	1.5-1.3	1.1-0.5

Es importante hacer la observación de los valores que lleva asociado el concepto de baja emisividad. Los acristalamientos bajo-emisivos que se empleaban inicialmente, años 1990-2000 presentaban menos prestaciones que los actuales, presentando una emisividad de 0.20 y 0.10. En los años 2000, la emisividad de estos vidrios está entre 0.10 y 0.05 y es a partir de 2005 cuando los vidrios presentan una emisividad inferior a 0.03.

Entre los años 1990-2010, se realizaron muchas intervenciones en las edificaciones residenciales, dotando a las ventanas de doble acristalamiento, normalmente sin tratamiento térmico. Son carpinterías que se encuentran en su mitad de vida útil, las cuales, aun no cumpliendo con las prestaciones óptimas a nivel térmico, sí lo presentan a nivel de conservación, para todos los sistemas principales mencionados, madera, aluminio y PVC. Podrían mejorarse

sus requerimientos cambiando los acristalamientos por otros con aislamiento térmico reforzado y ajuste de cámaras, siempre que se respetaran los espesores iniciales. El vidrio es el elemento que mayor superficie ocupa en el hueco, una actuación en el mismo puede reducir entorno al 30/40% de la Transmitancia total de la ventana, y los costes pueden verse reducidos frente a una sustitución total de la carpintería.

En trabajos de investigación de autores como Fonseca y otros [92] , Imagen 2.24, los estudios a escala urbana, de barrio o distrito, son considerados escalas suficientemente grandes como para identificar patrones de consumo energético más allá de los límites de un solo edificio, pero lo suficientemente pequeñas como para permitir abordar soluciones concretas. Es a esta escala, según el autor, donde se producen la mayoría de las transformaciones urbanas en Europa y donde se encuentran los instrumentos más novedosos para financiar las estrategias de eficiencia energética en las ciudades y en el sector de la construcción. Con el objetivo de demostrar la aplicación de su modelo, realiza un estudio sobre un distrito en Suiza sobre un total de 1392 edificios/27961 hab. (similar a Benicalap).

El autor incluye edificios no residenciales en el estudio, de forma que a la hora de prototipar los edificios residenciales solo incluye dos tipos, unifamiliar y plurifamiliar, determinando un total de 172 arquetipos. Desde un punto de vista temporal, considera seis periodos de construcción, en el rango de etapas constructivas consideradas, no tiene en cuenta las viviendas construidas antes de 1920. El objetivo es desarrollar un modelo integrado para la caracterización de patrones de consumo de energía de los edificios a nivel de barrio y distrito urbano, como se observa en el marco metodológico de la Imagen 2.9. Utiliza como entradas, datos georreferenciados de un escenario urbano existente y lo métodos de cálculo estadístico y analítico, se basan en una base de datos de arquetipos y distribuciones detalladas de edificios. Integra algoritmos de agrupación para facilitar el análisis de los patrones de consumo a escala de barrio

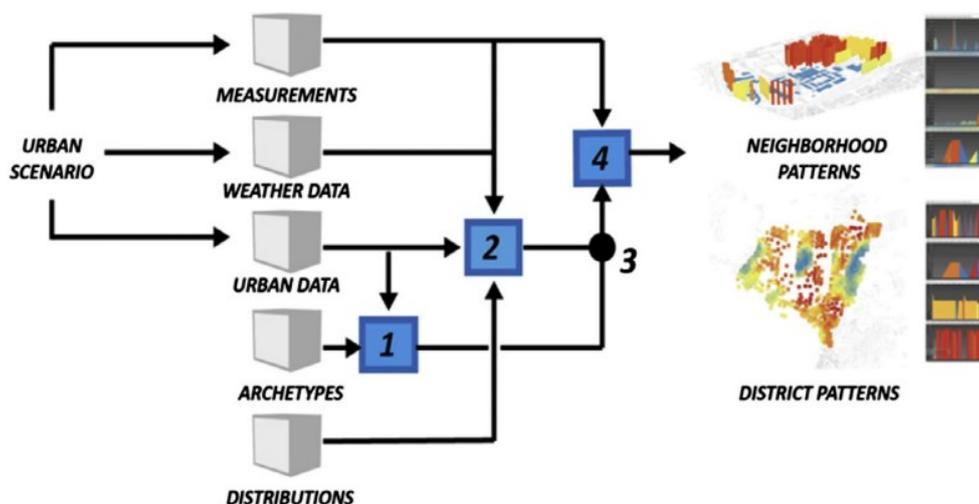


Imagen 2.24 Modelo integrado por la caracterización de patrones urbanos [92].

La representación de la información mediante sistemas de georreferenciación geográfica (GIS) permite una mejor visualización y comprensión de resultados. En la Imagen 2.25, representa el potencial de reducción de consumos energéticos debido a la rehabilitación de la envolvente de un parque edificado. La imagen a, representa la zona de estudio, el barrio; la imagen b, representa los edificios del área de estudio georreferenciados y la imagen c, los propios edificios identificados por nivel de consumo energético.

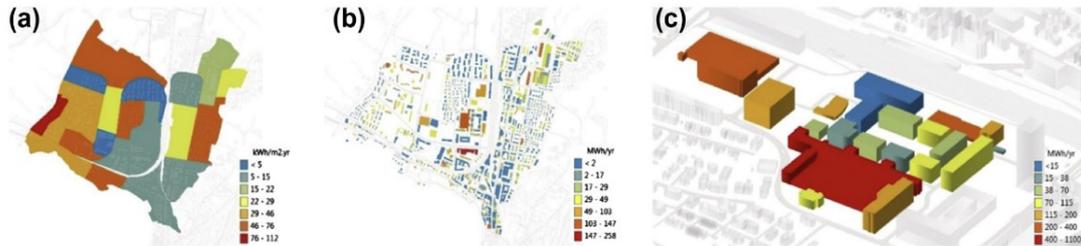


Imagen 2.25 Representación mediante georreferenciación (GIS) de resultados [92].

Para luego plantear escenarios de intervención donde se propone, además, un esquema de desarrollo urbano con diferentes niveles de heterogeneidad. Estos estudios están integrados por equipos de investigadores multidisciplinares donde se incluyen especialistas en planeamientos urbanos, urbanistas.

En esta misma línea de trabajo en el *Center for Interactive Research on Sustainability (CIRS)*, UBC [108], se lleva a cabo una investigación donde el autor Kellet y otros [109] presentan un nuevo y sencillo método para que los ayuntamientos comprendan múltiples escenarios "hipotéticos" para reducir la demanda de energía y las emisiones de los edificios. Se basa en los perfiles de los datos del censo, el análisis geoespacial y los datos energéticos que caracterizan los patrones de los barrios urbanos. El enfoque integra simulaciones energéticas y de gases de efecto invernadero a escala de edificios y de barrios. Puede simular una serie de escenarios políticos e intervenciones estratégicas para mostrar las interacciones entre la forma urbana y las opciones de adaptación. Esto permite a los planificadores y a los responsables de la toma de decisiones comparar las magnitudes relativas de las diferentes intervenciones a nivel de barrio o de ciudad para el rendimiento energético y de emisiones. El modelo fue desarrollado para ser utilizado por una variedad de comunidades en la Columbia Británica, Canadá. Existe la posibilidad de adaptar este método para su uso en otros lugares. Estos autores estudian patrones urbanos iterando hipotéticos escenarios de rehabilitación energética y reurbanización de relleno, comparando así la eficacia relativa de las políticas de mejora energética frente a las políticas de intensificación del suelo. Se basa en métodos simplificados (UBEM, *Urban Built Environment Model*), aplicados a patrones y desarrollos típicos, métodos con un enfoque de modelización accesible y flexible, muy apropiados para evaluar y comparar posibles opciones de evaluación energética a escala edificios y barrios en municipios pequeños y medianos

En la Imagen 26 se puede observar un ejemplo de un patrón urbano, en el que se representan una serie simplificada de tipologías constructivas o arquetipos, con una distribución dentro de una parcela de 400 por 400 metros cuadrados. Cada patrón representa la densidad de población y parcelas, así como el trazado de calle y tamaños de manzanas y parcelas asociado a los distritos de origen seleccionados para el estudio.

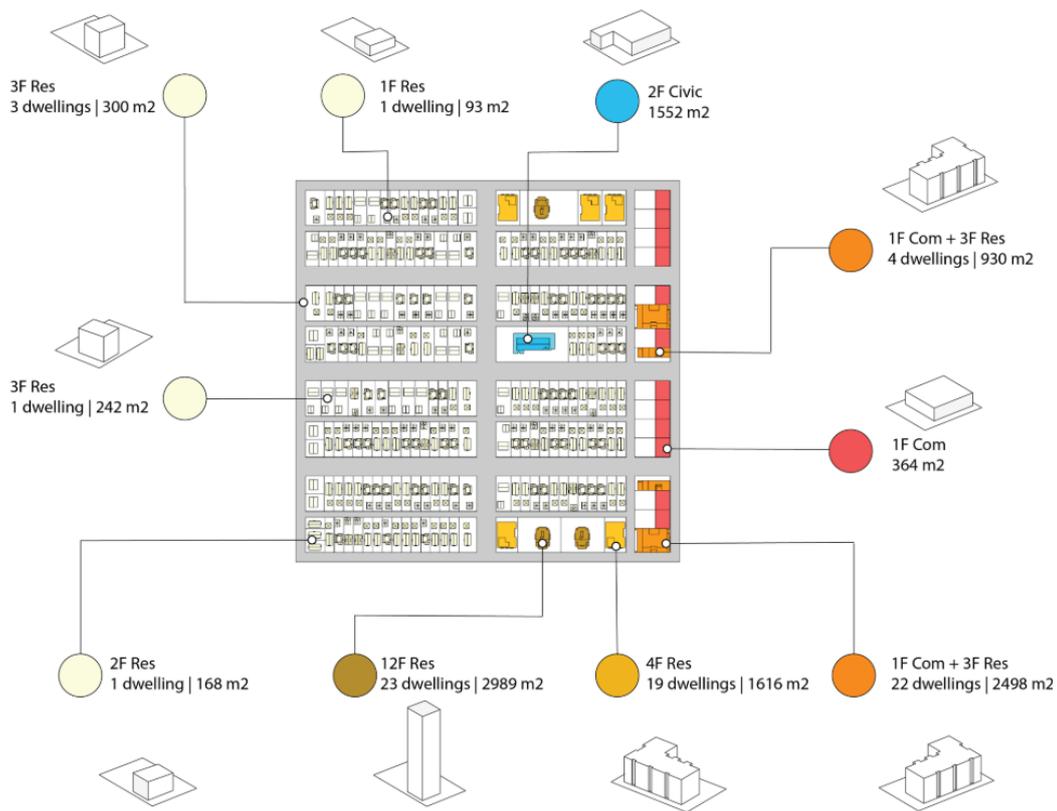


Imagen 2.26 Modelo de representación de patrones urbanos [109].

En el mismo estudio también plantean un escenario hipotético de rehabilitación energética incremental Imagen 2.27, manteniendo la forma urbana. Dicho escenario propone una sustitución de las viviendas obsoletas (1% al año), y una rehabilitación (2% al año) hasta el año 2050. Además, en la propuesta de nueva construcción propone la utilización de dos modelos, uno utilizando el código vigente y el otro utilizando el estándar Passive House, manteniendo constantes los sistemas de climatización, fuentes de combustible, sistema para el agua caliente sanitaria, el número de ocupantes y los horarios de ocupación.

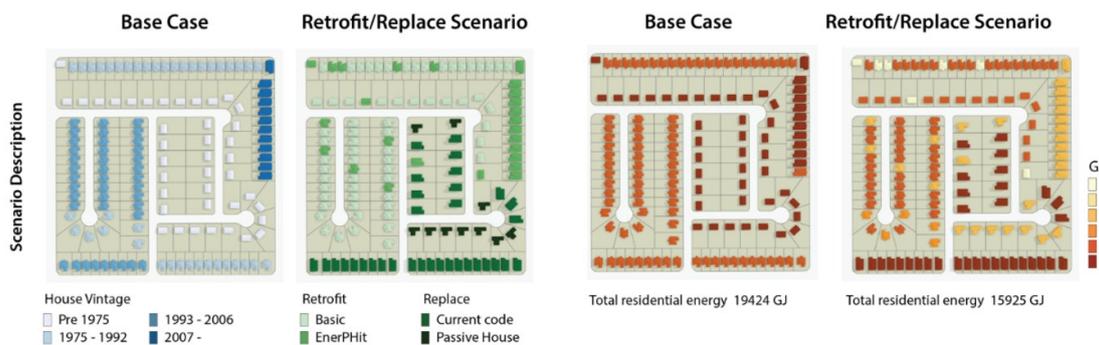


Imagen 2.27 Escenario hipotético de rehabilitación energética de patrón urbano [109].

3 CAPITULO. EXPERIMENTAL

3.1 INTRODUCCIÓN

Desde el punto de vista de la sostenibilidad, una estrategia de mejora del parque construido puede no ser completa si no se tiene en cuenta el entorno urbano donde se ubique, así pues, sin perder el sentido de la conexión edificio-emplazamiento, son tres los aspectos a tener en cuenta a la hora de llevar a cabo un análisis práctico sobre la sostenibilidad urbana. En primer lugar, si se trata de mejorar o potenciar el desarrollo sostenible desde un punto de vista social, entre otros muchos, resultará interesante estudiar el entorno urbano y su accesibilidad. Puede interesar también incrementar la relación entre la comunicación vecinal, mediante la creación de espacios comunes en terrazas a través de las cubiertas verdes, en potenciar los patios comunes con poco o nulo uso, etc. En segundo término, si tenemos en cuenta el aspecto medioambiental del desarrollo sostenible, uno de los aspectos más relevante es el de mejorar energéticamente el entorno construido, reduciendo la demanda de energía para su funcionamiento, así como también reducir la huella de carbono mediante propuestas de intervención amigables con el medioambiente. Conocer los sistemas constructivos empleados en los edificios es de capital importancia, los materiales empleados y su disposición en la construcción de cubiertas, fachadas, forjados y carpinterías, elementos facilitadores o no de la transmisión directa de las condiciones del entorno. Y el tercer pilar, y no menos importante del desarrollo sostenible, es el económico, se trata de que aquellas medidas propuestas sean viables a distintos niveles, que puedan llevarse iniciativas y acciones sociales desde la administración que tengan el mayor alcance posible, que con el soporte de la administración puedan tener iniciativas y llevar a cabo intervenciones acordes a sus posibilidades económicas según el marco social en el que se encuentren los edificios. Muchas son las iniciativas a nivel comunitario/regional donde la propia administración facilita a los Ayuntamientos propietarios de edificios públicos o administrativos y a los propietarios particulares, financiaciones parciales o totales para fomentar la rehabilitación urbana, incluyendo ámbitos urbanos y edificados.

La parte experimental de la presente tesis se va a centrar en el estudio del barrio de Benicalap ubicado en la ciudad de Valencia. La mayoría del parque edificado español está obsoleto desde un punto de vista energético, es evidente que requiere de intervenciones de rehabilitación, así como de regeneración y renovación urbana, de forma que permita a todos los ciudadanos el derecho de poseer una vivienda apropiada, que sea fácil de mantener en adecuadas condiciones de conservación. Alrededor del 55% (13.759.266) de dicho parque edificado es anterior a 1980. El sector residencial, junto con el comercial e institucional, representan el 22% de las emisiones indirectas, por consumo eléctrico [45].

Como ya se ha indicado anteriormente en el análisis normativo, la Unión Europea ha desarrollado directivas relativas a la eficiencia energética, reconociendo el alto porcentaje de consumo energético que supone un parque edificado obsoleto, marcando pautas a los estados miembros para que pongan en marcha estrategias a largo plazo (2050) de intervención, exhaustivas y rentables, de forma que se disminuyan las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera.

Actualmente, la ITE, la Inspección Técnica de Edificios, es el único instrumento que permite determinar el grado de conservación de un inmueble, pero al no ser requerido como de obligado cumplimiento en todas las Comunidades Autónomas españolas, es una herramienta insuficiente para garantizar el conocimiento del estado actual del parque edificado.

Alrededor del 58% de los edificios españoles, están construidos con anterioridad a la primera normativa que hace referencia a las condiciones térmicas en los edificios, la NBE-CT-79 (Norma Básica Española, Condiciones Térmicas) [110], en la que se introdujeron unos mínimos criterios de eficiencia energética. La Unión Europea estableció una serie de objetivos, entre ellos fue el Paquete 20-20-20 “Energía y Cambio Climático”, en el que se establecía para los 27 países miembros, dos objetivos obligatorios, la reducción del 20% de las emisiones de gases de efecto invernadero y la elevación de la contribución de las energías renovables al 20% del consumo, y un tercer objetivo indicativo en el que se mejorara la eficiencia energética de los edificios en un 20%. Estos objetivos europeos se tradujeron en objetivos nacionales que llevaron al desarrollo de la ley 8-2013 [111] que contribuiría al cumplimiento de estos objetivos, a través de medidas de rehabilitación. Así pues, con el objetivo de avanzar en una economía baja en carbono, se propone la actuación en residencias de baja calidad, que en el caso español se sitúan entre las que se construyeron en las décadas de los 50, 60 y 70, de forma que se mejore la eficiencia del conjunto del parque residencial.

Comparativamente con el entorno europeo, la rehabilitación en España representa un porcentaje trece puntos por debajo de la media europea, que alcanza un entorno del 41,7% del sector de la construcción. A ello se une las menores exigencias relativas a la eficiencia energética de los edificios, con lo cual se deduce que el parque edificado español se encuentra en una situación crítica y de desventaja respecto al resto de los países, probablemente porque estos tienen normativas más estrictas o bien por haber iniciado estrategias de mejora con anterioridad. La realidad es que nos encontramos ante un parque edificado obsoleto y con un alto potencial de mejora. Por otra parte, en paralelo a las mejoras energéticas de los edificios, las políticas actuales apuestan por ser más integradoras, donde no solo los edificios en general y las viviendas en particular sean objeto de esas mejoras, sino también y de forma paralela se realicen actuaciones de regeneración y renovación urbanas, en donde se articulen medidas sociales, ambientales y económicas mediante estrategias unitarias. Barrios energéticamente autosuficientes, instalaciones energéticas a escala de barrio que implicarían un menor consumo de recursos, podrían ser ejemplo de políticas integrales que contemplarían intervenciones no solo en el ámbito físico-espacial, sino también en el social, económico, ambiental y de integración de la ciudad [46].

La realidad normativa actual, va dirigida principalmente hacia una reducción del consumo y buen uso de la energía, reviste gran importancia para la Unión Europea la eficiencia energética. Se busca mejorar la competitividad europea mediante el abastecimiento de unas energías sostenibles, reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, mejora en la seguridad del suministro, rebaje de los gastos de importación, etc. La normativa ha estado en evolución constante los últimos 15 años, siendo una prioridad estratégica de la UE la eficiencia energética.

El 14 de marzo de 2023, el Parlamento Europeo aprobó la enmienda sobre la propuesta de Directiva del Parlamento Europeo del Consejo relativa a la eficiencia energética de los edificios [111] (refundición), donde definió su posición en primera lectura sobre la necesidad de que los edificios residenciales alcancen al menos la clase de eficiencia energética E para 2030 y la clase D para 2033 (frente a las clases F y E contempladas en la propuesta de la Comisión[88]). Las clases de eficiencia energética exigidas en las últimas disposiciones normativas servirán como

referencia a la hora de plantear los diversos escenarios y estrategias de intervención en el parque edificado del barrio de Benicalap.

3.1.1 Objeto y metodología

El enfoque principal planteado a la hora de hacer el análisis de la sostenibilidad de un entorno urbano es identificar los edificios por etapas de construcción y volumen edificado, por su correlación con el desarrollo, evolución y avances en los sistemas constructivos adoptados, que son los que consecuentemente determinan su estado actual y su comportamiento, el grado de sostenibilidad del barrio al final.

Así pues, la información que se espera obtener en la fase experimental resultará en, conocer la trama urbana y su evolución, de forma genérica y sectorizada; identificar los edificios por etapas y volumen; tipificar la edificación para identificar unos Arquetipos Urbanos (AU) que representen al barrio y sirvan de modelo de referencia; desarrollar bloques de información para cada uno de los AU; analizar constructivamente los AU; analizar energéticamente el estado actual del barrio a través de los AU y proponer estrategias de intervención en la envolvente de los AU según parámetros ambientales y económico-sociales, mediante la cuantificación de indicadores y por último, proponer escenarios de intervención en AU.

El punto de partida para el desarrollo del capítulo experimental es la información obtenida previamente en el capítulo del estado del conocimiento. Así pues, se propone una metodología organizada en las siguientes fases:

FASE 1: Análisis residencial a escala urbana para la obtención del modelo de referencia para la evaluación energética

- Entorno urbano. Capítulo 3. Apartado 3.1
- Análisis morfológico y constructivo del barrio. Definición de los Arquetipos Urbanos. Capítulo 3. Apartado 3.2
- Estudio energético del estado actual del barrio. Capítulo 3. Apartado 3.3
- Estrategias energéticas y medioambientales de mejora y su optimización. Capítulo 4. Apartado 3.4

FASE 2: Aplicación del modelo a un Arquetipo Urbano. Capítulo 4. Apartado 3.5

- Caso práctico de aplicación del modelo de mejora y optimización a un Arquetipo Urbano, para elaborar un plan integral para la rehabilitación sostenible de barrios residenciales.

FASE 3: Aproximación a un análisis urbano a través de escenarios de intervención.

- Propuesta de escenarios de intervención urbana a través de la aplicación del modelo de mejora energético y medioambiental. Capítulo 3. Apartado 3.6

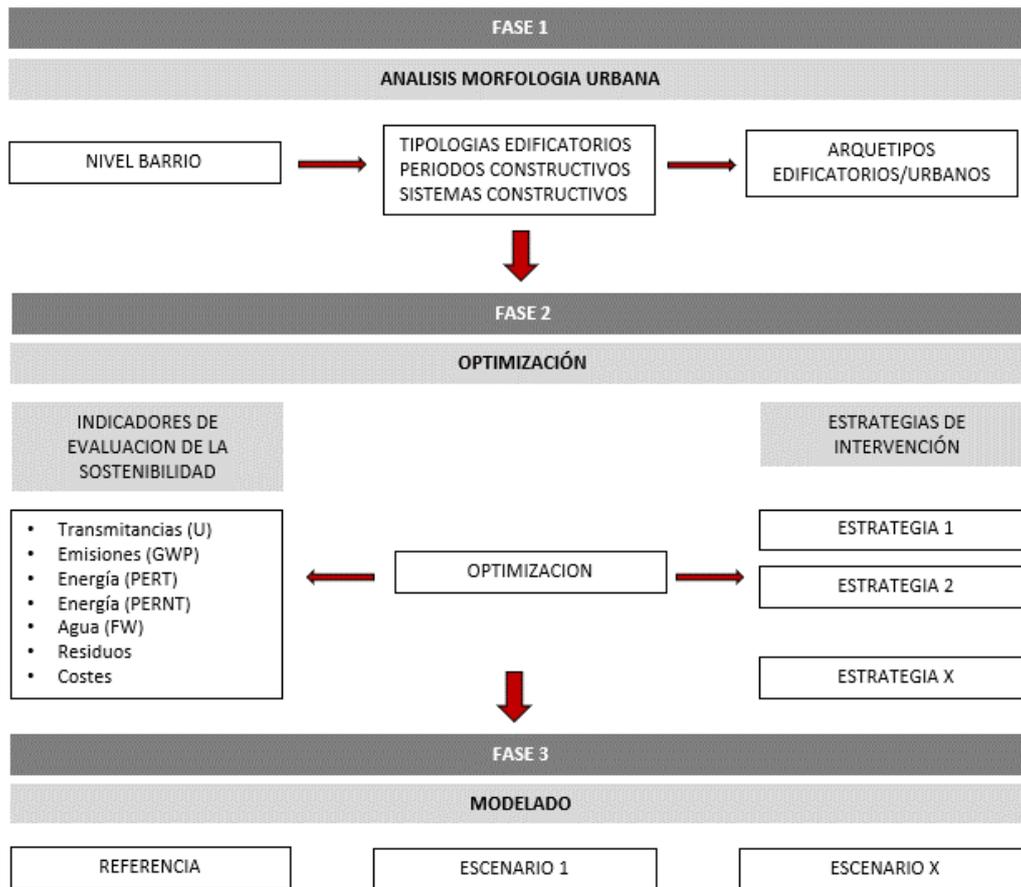


Imagen 3.1 Flujo de trabajo de la Fase Experimental de la Tesis. Elaboración propia.

3.1.2 Contextualización Tesis y Justificación elección barrio

En el marco del *European Project GROWGREEN-Green Cities for Climate and Water Resilience, Sustainable Economic Growth, Healthy Citizens and Environments (Grant Agreement No. 730283)* y a través del programa de investigación e innovación Horizon 2020 de la Unión Europea, se fomentan proyectos como el “*H202-SCC-02-2016 GROW-GREEN. Demonstrating innovative nature-based solution (NBS) in cities*”[112], es un proyecto europeo financiado por dicho programa Horizonte 2020, para desarrollar soluciones basadas en la naturaleza (SBN) y su aplicación a entornos urbanos con el fin de lograr un habitat más sostenible y mejore la calidad de vida de la ciudadanía, brindando así beneficios sociales, ambientales y económicos. En este proyecto trabajaron en asociación con Valencia otras ciudades, Manchester (Reino Unido), Breslavia (Polonia), Brest (Francia), Zahar (Croacia), Modena (Italia) y Wuhan (China). En cuanto a los socios académicos del proyecto lo integran, Universitat Politècnica de València (España), University of Manchester (UK), University of Cambridge (UK) *Wroclaw University of Environmental and Life Sciences* (Polonia). Además de otros socios de la sociedad civil y socios comerciales. El proyecto tuvo una duración de 5 años (2016-2021) y una inversión de 3.8 millones de euros en el barrio. El desarrollo en Valencia del proyecto permitía acceder a recursos, así como también formar parte de redes de relación e intercambio, obtener resultados concretos y poder replicar los resultados obtenidos a otras ciudades. El distrito que fue seleccionado como base de estudio experimental fue el área comprendida por Benicalap y Ciutat Fallera.

Los hechos particulares que fueron considerados en la selección del distrito fueron: considerar un distrito de Valencia, dado que se trata de una de las tres ciudades, demográfica y económicamente hablando, más grandes de España, la tercera después de Madrid y Barcelona. Además, está localizada dentro del corredor mediterráneo español, con uno de los puertos más importantes en la región del mediterráneo (5º puerto en transporte de mercancías). Valencia incluye también en su área municipal alguna de las áreas naturales más importantes del arco mediterráneo y de la Comunidad Europea, tales como el Parque Natural de la Albufera (humedal de importancia internacional para aves); el Parque Natural del Turia, parte importante del corredor azul alrededor de la ciudad, y la Vega del Turia, histórica y tradicional área de huerta, considerada como un paisaje excepcional por el *Dobris Assessment Report of the European Environment* [113]. En el proyecto H2020 se plantearon dos vías de actuación principal, una de carácter medioambiental y otra urbanística.

3.1.3 Entorno urbano. El barrio. Análisis histórico-urbanístico del barrio de Benicalap

3.1.3.1. Introducción

La ordenación de la ciudad de Valencia tiene sus inicios en el año 1946 con la aprobación del “Plan General de Ordenación de Valencia y su Cintura”, tratando de ordenar el crecimiento de la comarca de l’Horta, con ello trata de controlar el crecimiento, con un esquema radiocéntrico y de conexión entre los distintos municipios. En la década de los años 60 se produce la mayor expansión inmobiliaria de la historia, de forma que en la década de los 60 y 70 se construirá la mitad del parque inmobiliario de la ciudad, con una media de casi 10.000 viv/año en el periodo de 1960-1980. Este crecimiento no va en concordancia con los espacios dotacionales, creando zonas de altas densidades de edificios. Con el nuevo Plan General de Ordenación Urbana de 1988, se tratará de buscar un equilibrio con los barrios de la periferia, tratando de contener la excesiva densificación, mejorar su equipamiento, su comunicación mejorando las conexiones

con la centralidad de la ciudad, etc. Ya en los últimos años del siglo XX, la presión demográfica disminuye, paralizándose el crecimiento demográfico.

El barrio de Benicalap [114], [115], corresponde al distrito municipal núm. 16 de Valencia. Imagen 3.2. Situación noroeste de Valencia, y limita con los distritos de Poble Nord (norte y este), Rascanya (al este), La Saïdia (sur), Campanar (sur y oeste, debido a su larga superficie limítrofe con el distrito de Benicalap), Pobles de l'Oest (oeste) y el término de Burjassot (norte).



Imagen 3.2 Mapa de distritos de Valencia (izada.). Distrito de Benicalap (dcha.) [103]

De la información obtenida del Ayuntamiento de Valencia, puede observarse con más detalle en la IMAGEN la distribución de manzanas del Distrito, distinguiendo el área correspondiente a Benicalap y a la Ciutat Fallera Imagen 3.3 [116].

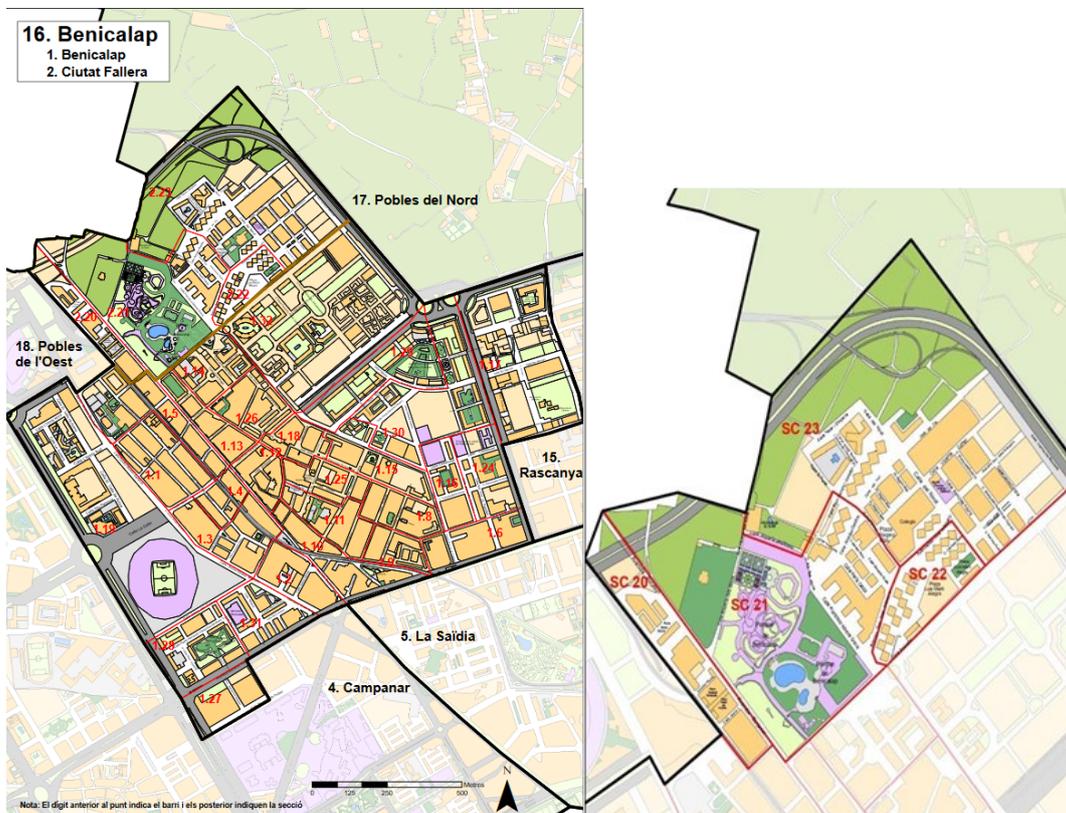


Imagen 3.3 Distritos urbanos de la ciudad de Valencia (izada.). Benicalap y Ciutat Fallera (dcha.) [116]

Según fuentes de la Oficina de Estadística del Ayuntamiento de Valencia, puede observarse en las imágenes la ubicación del distrito de Benicalap, así como el Barrio de Ciutat Fallera.

Si analizamos el territorio desde el punto de vista de las superficies y densidad de población se observa que el distrito de Benicalap tiene un área total de 222,10 ha, 45.460 habitantes (padrón de 2016) y una densidad poblacional de 204,70 hab/hec., superior a la media del resto de la ciudad de Valencia, (80,10 hab/ha) según el estudio del año 2021, la densidad de población de la ciudad de València indica que es 57,9 hab/ha). El barrio está conformado por dos áreas bien diferenciadas, como ya se ha descrito anteriormente, tanto en extensión como en población, Ciutat Fallera (50,2 hectáreas y 116 hab/ha) y Benicalap (171,9 hectáreas y 230,6 hab/ha)[117]. Los datos para la Ciutat Fallera han sido actualizados en el año 2021, Estudio del barrio de Ciutat Fallera (Servici de Benestar Social i Integració, Ajuntament de València)[114], resultando una extensión 49,7 ha y una densidad de población de 119 hab/ha.

Si atendemos a los datos de densidad de población que se indican en el estudio del año 2021 [116], la densidad del barrio de Benicalap cuadruplica el valor, y para el caso del estudio del año 2017 [117], casi lo triplica, en ambos casos estamos ante un indicativo de que en el barrio objeto de estudio, se concentra una alta concentración social comparada con el resto de la ciudad.

3.1.3.2. Evolución urbana del barrio

Como en la mayoría de los pueblos limítrofes con la ciudad, estos seguían un modelo de poblamiento rural propio de la civilización de al-Ándalus, en origen Benicalap era una alquería musulmana, rodeado de terrenos de huerta A mediados de la segunda mitad del siglo XIX, estas zonas del sector norte de la ciudad de Valencia comienzan a convertirse en barrios urbanos.

Las primeras entradas en el registro de la propiedad de las casas del barrio aparecen en el "*Llibre del Repartiment de València*", en él se recogen notas sucintas que los escribanos reales tomaron de las donaciones que el monarca, Jaume I, fue haciendo a media que conquistaba las tierras.

Entre los siglos XIII y XVII se tiene poca información de la evolución del barrio manteniendo una fisionomía poco transformada. Con la promulgación de la Real Cédula de 1769, las grandes ciudades de la corona de Carlos III de Borbón comienzan a organizarse en distritos y barrios, quedando Benicalap fuera de Valencia (al igual que otras poblaciones cercanas como Campanar, Beniferri, Benimaclet, Orriols, Ruzafa o Patraix). Alrededor del año 1811, se produce la abolición del régimen señorial de forma que los pueblos dejan de ser propiedad de un linaje nobiliario para convertirse en municipios a imagen de las ciudades y villas que habían sido de "realengo" (Valencia, Sagunt, Llíra, Cullera, ...), adquiriendo personalidad jurídica. Así pues, Benicalap pasa a formar parte de los distritos de l'Horta, que ejercían como pequeños centros administrativos de sus respectivos distritos. Tras la guerra de la Independencia (1814) y tras la desaparición de los señoríos, Benicalap y otros distritos fueron consolidándose y aumentando su población en torno a los dos lados del Camino Nuevo de Burjassot.

3.1.3.3. Inicios de la urbanización del barrio / de la trama urbana

Alrededor de 1872, los habitantes empiezan a agruparse a los dos lados del Camino Nuevo de Burjassot (actualmente denominada Avenida de Burjassot), siendo una vía de comunicación entre este municipio y la ciudad de Valencia, contribuyendo a perfilar el modelo de expansión radial que ya había iniciado la ciudad. Así pues, a finales del siglo XIX estos núcleos poblacionales

inician una lenta expansión que los llevará a convertirse en nuevas zonas urbanas a mediados del siglo XX. En 1979 pasará a ser oficialmente un barrio más de la ciudad de Valencia, dando lugar al distrito de Benicalap, tras la nueva división en distritos surgida después de la elección de la primera corporación democrática.

En los años 60 se produce un crecimiento urbanístico y demográfico de la ciudad de Valencia que llevara a la consolidación del entramado metropolitano. De acuerdo con la etapa económica del momento se comienzan a desarrollar gran cantidad de actividades no agrarias, atrayendo así a un importante volumen de población inmigrante que venía a instalarse en la ciudad. Aun así, en el año 1956 el asentamiento urbano aún está muy disperso, Imagen 3.4.



Imagen 3.4 Benicalap 1956 (izda). Benicalap 2023 (dcha). Elaboración propia

Los primeros edificios que se construyen en el distrito de Benicalap son los pertenecientes al “Grupo Santa Rosa” (proyectadas en 1946 y terminadas en 1956), sitos en la Avda. Burjassot. Edificio proyectado por Javier Goerlich, se trata de un grupo de 130 unidades residenciales de carácter social, llevada a cabo bajo la legislación nacional de viviendas bonificadas, Ley de 1944 prorrogada en 1948 y 1953, antecesora de la VPO. En el año 1969, se hicieron construir 1509 viviendas sociales, bajo el paraguas del Patronato de Ntra. Sra. de los Desamparados, surgiendo edificios tales como Rosales (68 viv.), Picayo (31 viv.), etc. A finales de los años 80 Benicalap aún sigue ofreciendo una escasa población y una ocupación dispersa del suelo, a pesar de ello, es el distrito que detentaba mayor ocupación del área de la Junta Municipal de Trànsits de la que formaba parte.

El barrio de Benicalap alberga un patrimonio histórico el cual no es objeto de análisis en la presente tesis, pero que es digno de mención. En el entorno de huerta que actualmente comprende el distrito de Benicalap estaban ubicados algunos de los mejores conjuntos de alquerías de toda Valencia, algunos desaparecidos ya, pero otros siguen en pie, tales como la Alquería del Moro, la Alquería de la Torre (1760), el Casino del Americano (1869) (o l’Hort de Burriel). Cabe mencionar la fábrica de mayólicas La Ceramo, edificio de estilo neomudéjar (Josep Ros i Furió, 1855), edificio incluido en el Catálogo Estructural de Bienes y Espacios Protegidos del Ayuntamiento de Valencia como espacio etnológico de interés local, de cuyos hornos salieron piezas cerámicas ubicadas en la Estación del Norte o el Mercado de Colón de Valencia. Cabe destacar que en este distrito estuvo ubicada la hoy desaparecida Estación de Horticultura de Benicalap, dedicada a la investigación y experimentación, habiendo surgido una posible idea

de su recuperación con el ánimo de impulsar la creación de huertos urbanos para fomentar la idea de desarrollo sostenible muy en pro de las corrientes actuales.

3.1.3.4. Benicalap en la actualidad

Urbanística y residencialmente, el barrio de Benicalap se caracteriza por mostrar una gran heterogeneidad, no solo por la diversidad de los edificios sino también por el grupo poblacional que lo habita. El estudio del barrio se ha llevado a cabo tomando como punto de partida la sectorización planteada en el estudio realizado por el Ayuntamiento de Valencia [114], Imagen 3.5, Imagen 3.6. Se distinguen cuatro zonas bien diferenciadas, que obedecen tanto al crecimiento urbano, como también al uso del suelo, para el caso concreto de Ciutat Fallera, cuyo uso es más bien industrial.



Imagen 3.5 Imagen real del estado actual del barrio. Elaboración propia

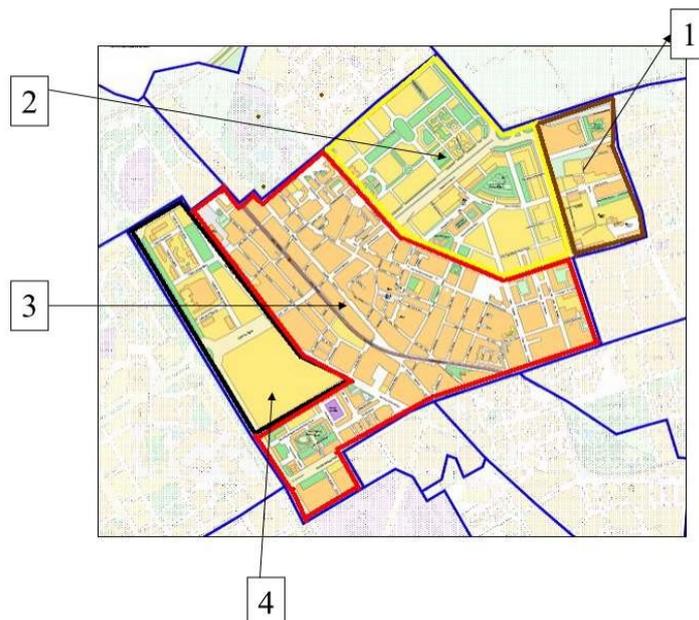


Imagen 3.6 Sectorización del barrio de Benicalap [114].

Como se ha ido exponiendo anteriormente, el distrito de Benicalap crece a partir de la agrupación urbana alrededor de la Avenida Burjassot, se observa claramente en la imagen, la mayor densidad edificada en la denominada **Área 3**. Esta área representa el núcleo principal del barrio, con una trama urbana de calles estrechas y donde se encuentran las tipologías constructivas más antiguas, tipo casa unifamiliar. Aparte, muestra una vida social intensa, dado que es donde se encuentran la mayor parte de los comercios y servicios. Esta área será analizada con mayor detalle, en el estudio realizado en la tesis, dado que es donde se encuentran los arquetipos urbanos con mayor representatividad, más variados, de mayor antigüedad y los que muestran mayores necesidades de actuación.

El **Área 1**, es una zona de reciente construcción que ha ido sustituyendo a edificios de fábricas y zonas de descampado anteriores. Actualmente presenta una construcción nueva, parques y otros servicios. En esta zona se encuentra una agrupación de viviendas de protección oficial denominadas Bidasoa. Puede observarse en la fotografía su menor nivel de densificación respecto al Área 3 de mayor antigüedad.

El **Área 2**, se caracteriza por sus edificios construidos durante el boom inmobiliario, de gran altura, proyectados con grandes espacios destinados a zonas verdes, incluyendo piscinas en sus patios interiores. En esta zona se encuentran las viviendas de protección oficial denominadas "Benicalap Park" en régimen de alquiler. Hasta hace pocos años, como consecuencia de la crisis económica iniciada en el año 2008, se trataba de una zona con poca vida social, muchas viviendas desocupadas, con poco tejido comercial, prácticamente inexistente⁶.

El **Área 4** se distingue de las anteriores del barrio por estar ocupada por terrenos de gran superficie en los que se encuentra el Nou Mestalla (inicio construcción 2007), se han construido edificios de viviendas y grandes hoteles durante el boom inmobiliario, es un área que se engloba más bien en la "Nueva Valencia", contrastando con lo más antiguo de Benicalap. Con la cesión de los espacios para la construcción del campo de fútbol se perdió la oportunidad de la ejecución de equipamientos deportivos y lúdicos para uso propio del barrio al que iba destinado, llevando a un duro e intenso debate ciudadano. Además, ello supuso la generación de un importante proceso de especulación urbanística, que la crisis desaceleró. El perfil de esta zona es bastante diferente del resto del barrio, se caracteriza por tener una actividad comercial y financiera de otro rango, población de poder adquisitivo mayor que el de la media del distrito, así como es donde se presentan los edificios de mayor altura, de hasta 12 y 13 plantas, con zonas lúdicas interiores, garajes subterráneos, amplias calles, hoteles, etc.

Por último, el **Área 5**, corresponde con la denominada Barrio de Ciutat Fallera, en el que contrastan edificios antiguos con grandes bloques de viviendas nuevos. No existen una trama urbana consolidada que diferencie el Barrio con el Distrito. En este barrio se ubica el parque de Benicalap, una gran zona verde, las alquerías nombradas anteriormente, así como las naves industriales de la Ciudad del Artista Fallero. Estas naves fueron las que articularon la trama urbanística de este barrio alrededor de 1950. Se trata de una zona periférica con pocas intervenciones e inversiones y consecuentemente carece de servicios sanitarios, administrativos, etc. Como punto fuerte, lo integra un extenso pulmón verde de 80.000m², el Parque de Benicalap, uno de los de mayor tamaño de la ciudad de Valencia después de los

Jardines de Viveros. Hoy en día su gestión y mantenimiento está en manos de la Fundación Pública Municipal de Parques y Jardines Singulares del Ayuntamiento de Valencia

Como conclusión hay que decir que, el Distrito de Benicalap presenta grandes contrastes, zonas que han experimentado una gran expansión urbanística en los últimos años y zonas que se han quedado más descuidadas y obsoletas, dejando paso no solo al contraste inmobiliario sino también al social, franjas ocupadas por ciudadanos de alto poder adquisitivo con otras más degradadas socialmente y todo ello conviviendo en un mismo distrito. La mayoría del parque inmobiliario fue construido durante décadas con pocas exigencias constructivas y energéticas de ahí que los edificios presenten unas deficiencias importantes que van en detrimento de la sostenibilidad en todas sus dimensiones.

3.2 ESTUDIO MORFOLÓGICO DEL BARRIO

3.2.1 Metodología

A partir de los datos obtenidos del catastro se va a realizar un vaciado de toda la edificación residencial existente en el barrio de Benicalap, clasificando todos los edificios por su etapa constructiva y su tipología edificatoria según volumetría. Ello concluirá en una caracterización tipológica de todos los inmuebles en los denominados Arquetipos Urbanos, que servirán como referentes o modelos en el análisis integrado de la sostenibilidad del barrio. En la Imagen 3.7 se representa de forma esquemática el proceso metodológico a seguir para la obtención de los arquetipos urbanos.

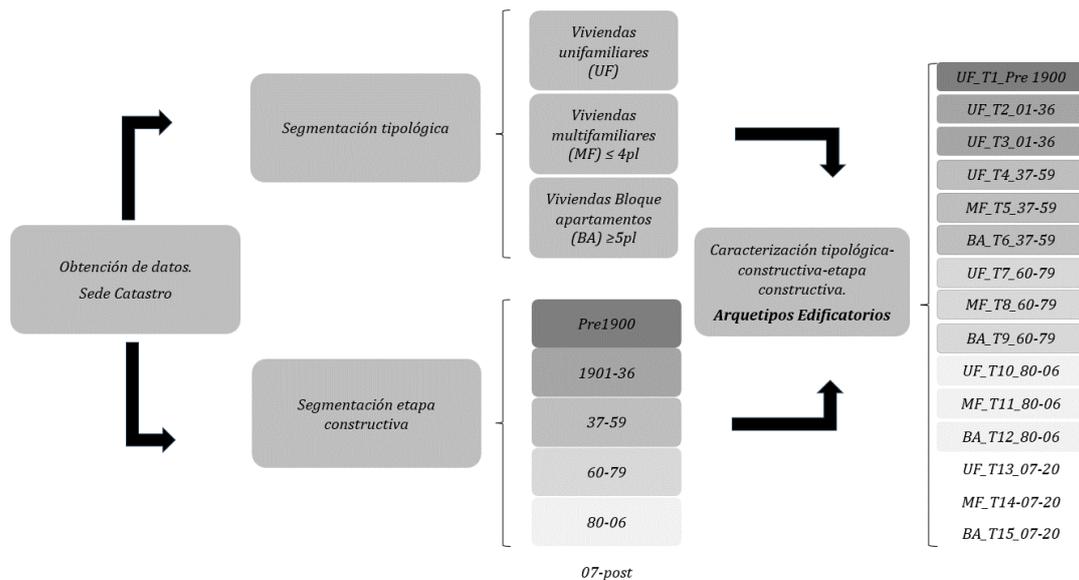


Imagen 3.7 Estructura metodológica para la evaluación de la sostenibilidad del barrio. Elaboración propia

3.2.2 La trama urbana y su evolución

Según información del Padrón de Valencia, para el Distrito 16, correspondiente a Benicalap, en fecha 1 de enero 2022 [118], para una población de 47.752 habitantes, el catastro inmobiliario urbano tiene registrados un total de 21.861 bienes inmuebles distribuidos según año de antigüedad.

Del análisis de datos obtenidos del Padrón, para el Barrio de Benicalap, representado en la Imagen 3.8, se observa que el crecimiento inmobiliario ha sido creciente a partir del año 1801, apreciándose que prácticamente el 50% del parque edificado corresponde a la franja de 1961-1980, coincide con el incremento del desarrollo, industrialización y terciarización tal y como se está viviendo en el resto de la ciudad desde los años 60, atrayendo a grandes focos de población del resto de España, viéndose así favorecido el crecimiento urbanístico y demográfico de Valencia. También es apreciable la decadencia de la construcción a partir del año 2011 como consecuencia de la crisis inmobiliaria que se inició en el año 2008.

La superficie construida media de los bienes inmuebles de este distrito corresponde a 102,10 m², aproximadamente el 75% de las viviendas se encuentran en la franja de entre los 61 y 120 m², correspondiendo a poco más de un 20% el porcentaje de viviendas de más de 120m². Imagen 3.8. Esto se explica, porque se corresponde con un entorno construido destinado a ciudadanos

de un no muy alto poder adquisitivo. Hay que tener en cuenta que los estándares de construcción de los años de mayor construcción no se corresponden con los actuales, las superficies construidas hasta los 120 m² eran normales para una renta libre, habría que valorar de la franja de superficies entre 101-120 m², cuantos se aproximan más a 100 m², de todos modos, la media es de 102 m² aproximadamente, resultado lógico.

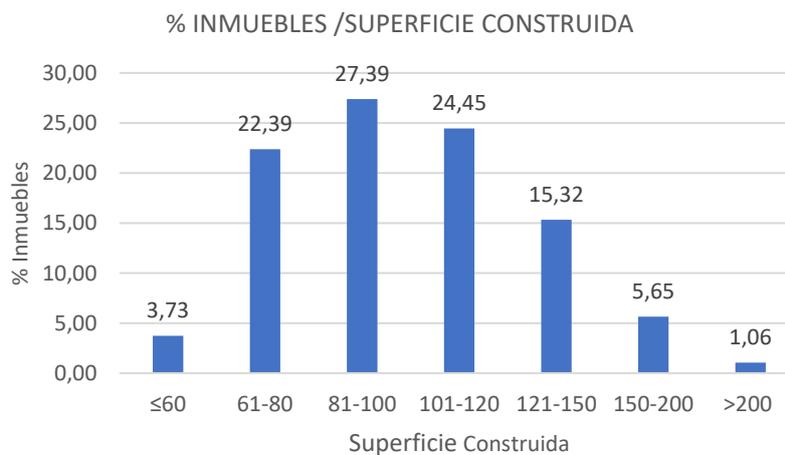
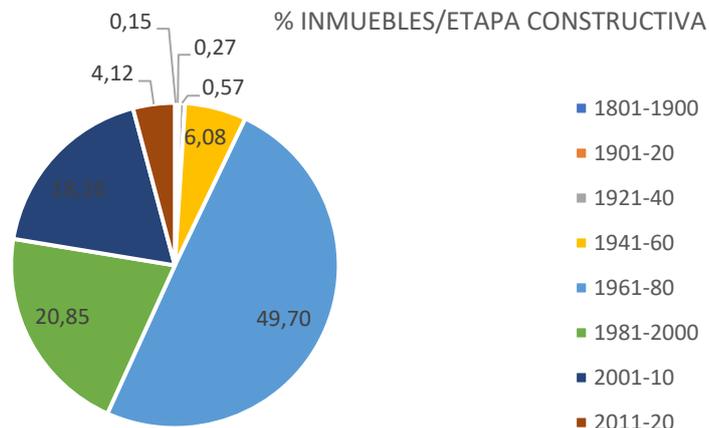
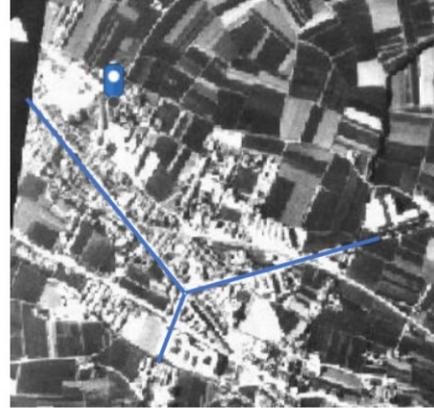
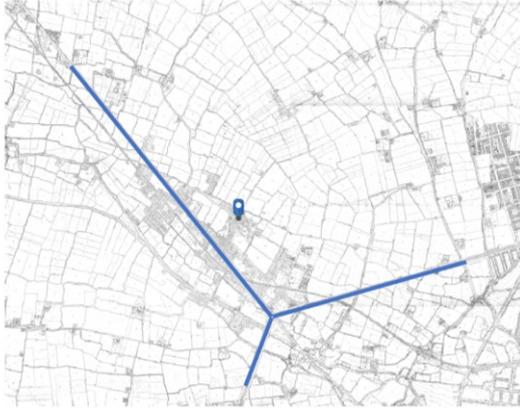


Imagen 3.8 Análisis bienes inmuebles en Benicalap año 2022.
https://www.valencia.es/estadistica/inf_dtba/2022/Districte_16.pdf. Elaboración propia.

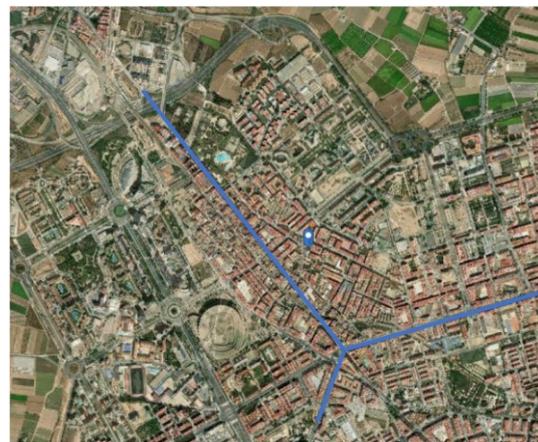
El crecimiento del barrio de Benicalap, como ya se ha comentado con anterioridad crece a partir del eje que configura la Avda. Burjassot. En la imagen tomada del Geoportal del Ajuntament de Valencia, puede observarse el crecimiento urbano, mediante fotografías tomadas en distintos años. Las líneas azules representan las tres vías principales para facilitar la visualización urbana, Av. Del Dr. Peset Aleixandre, Av. de Campanar y Av. de Burjassot. El punto de referencia marcado corresponde a la Plaza de Benicalap, que como se puede apreciar ya aparece desde las primeras imágenes tomadas. Aunque la imagen disponible del año 56 no es muy clara, sí es suficiente para apreciar la escasa evolución que se produce desde la imagen tomada en 1929, Imagen 3.9.



*Imagen 3.9 Ajuntament de València. Geoportal
<https://geoportal.valencia.es/apps/GeoportalHome/es/inicio/historico-valencia> 1929 (izda.)-1956
(dcha.)Elaboración propia*

La siguiente imagen disponible es la tomada en el año 80, Imagen 3.10, donde ya es evidente todo el crecimiento urbano expuesto. Realizando una superposición entre el plano del año 1929 y una imagen actual, Imagen 3., puede verse la ocupación de la trama urbana de 1929, correspondiente al área delimitada con la línea roja. Esto nos anticipa que los edificios de mayor antigüedad existentes hoy en día se encontrarán en este entorno.

Obviamente con el transcurso de casi 100 años la trama urbana ha sido modificada, suponiendo ello la demolición de antiguas edificaciones para dar paso a nuevos planes urbanísticos que han configurado el barrio actual.



*Imagen 3.10 Ajuntament de València. Geoportal
<https://geoportal.valencia.es/apps/GeoportalHome/es/inicio/historico-valencia> 1980 (izda.)-actualidad
(dcha.)Elaboración propia*

En la Imagen 3.11 se ha realizado una superposición de la trama urbana obtenida de la fotografía tomada en el año 1929 y una imagen del estado actual. Es evidente el origen del crecimiento de la población y la alta densidad urbana producida en el entorno de los primeros asentamientos.



Imagen 3.11 Superposición imagen actual y huella urbana de 1929. Elaboración propia.

3.2.3 Análisis Constructivo

3.2.3.1. Introducción

La edificación del barrio de Benicalap es mayoritariamente de uso residencial, exceptuando el barrio de Ciutat Fallera con su propia idiosincrasia, de uso más industrial. Como en otros distritos limítrofes con la ciudad de Valencia, conviven edificaciones de uso residencial tipo vivienda unifamiliar, con edificios en altura, de tipo plurifamiliar, los cuales sus plantas bajas están destinadas más bien a actividades terciarias. La vivienda unifamiliar de dos alturas, que corresponderían a la tipología de mayor antigüedad, no es la más numerosa actualmente y la que ha llegado hasta nuestros días, la encontramos en el entorno cercano al núcleo poblacional, que ya se podía observar en la imagen tomada en 1929. Estas edificaciones se distinguen mayoritariamente por conservar la cubierta inclinada de la época constructiva de principios de siglo XX.

Para obtener la información sobre vivienda en España disponemos de dos fuentes principalmente: el Instituto Nacional de Estadística (INE) [93] y la Sede del Catastro [119]. En el presente trabajo se han elegido los datos procedentes del Catastro, por ser datos en permanente actualización, mayor detalle y precisión respecto a las características geométricas de los edificios, y otros datos de interés, además de otro factor muy importante como es la georreferenciación de los inmuebles registrados.

Así pues, el análisis tipológico se realiza basándose en los datos conseguidos del Catastro y a un estudio previo sobre la normativa referente a la construcción de edificios, dado que estos son resultado de las exigencias normativas y su avance a lo largo del siglo XX. Al mismo tiempo, el conocimiento normativo actual nos permitirá establecer los criterios adecuados para proponer estrategias de intervención de mejora energética. Por lo tanto, como primer avance a la distribución tipológica del parque edificado se atenderá fundamentalmente a dos variables principales, tipo de edificio (unifamiliar o plurifamiliar) y al periodo de construcción. Se plantean tres tipologías de edificios que facilitarán la división del parque residencial

- Vivienda unifamiliar (UF). No se trata de la tipología mayoritaria, dado que este tipo de vivienda ha ido desapareciendo del barrio para dar paso a edificaciones mayores que fueran capaces de albergar a la inmigración masiva que empieza a producirse a partir de los años 60. En segundo y tercer lugar,
- Vivienda multi o plurifamiliar en altura (MF). En este caso se ha hecho una subdivisión según alturas considerando pues, edificios multifamiliares hasta 4 plantas
- Bloques de apartamentos (BA) a partir de 5 plantas.

La segunda variable correspondiente al tiempo, se han planteado seis periodos/etapas principales, determinadas por la evolución constructiva y normativa de la etapa considerada. Así pues, las etapas consideradas son:

- Etapa pre1900 / Etapa 1901-1936 / Etapa 1937-1959 / Etapa 1960-1979 / Etapa 1980-2006 / Etapa 2007-post

En la bibliografía de referencia se han encontrado clasificaciones por etapas similares a la expuesta, como por ejemplo el documento editado por el Ministerio de Fomento, "Segmentación del parque residencial de viviendas en España en clústeres tipológicos"[91] o también el que se realiza en el proyecto Episcopo, con el desarrollo de la herramienta TABULA *WebTool*, dentro del marco de Proyectos Europeos [120]. Las diferencias entre las etapas de los distintos estudios de referencia son de escasa entidad y no deberían tener ninguna repercusión

relevante a la hora de plantear conclusiones en los resultados, dado que en todas ellas es coincidente el criterio de los cambios normativos de aplicación en edificación. En el presente trabajo se plantea una clasificación, que, aun siendo similar, no es exactamente igual a otras de referencia, exponiendo a continuación una justificación de cada una de las etapas de estudio consideradas.

3.2.3.2. Metodología

Para realizar el estudio morfológico del barrio se va a proceder al análisis de cada una de las etapas de construcción en las que se ha estructurado el stock inmobiliario. Para ello se tendrán en cuenta los sistemas constructivos, materiales empleados y normativa de aplicación, con el objeto de conocer el estado actual del edificio.

3.2.3.3. Resultados

Etapas pre1900

La tipología del primer periodo considerado Pre-1900, obedece a una construcción vernácula, con materiales propios del entorno, piedra, madera, etc. Imagen 3.12. Estamos ante viviendas unifamiliares de una y dos alturas, con sistemas estructurales a base de muros de carga de mampostería, que funcionan a su vez como fachadas, y forjados de viguetas de madera y revoltón cerámico, se representa esquemáticamente en la Imagen 3.13. Los huecos son propios de estas tipologías, pequeños y con carpinterías de madera, con vidrios monolíticos. La cubierta inclinada con pares de madera como sistema estructural y cañizo como base de la cobertura, sobre el que se fijan las cerámicas, mediante morteros.



Imagen 3.12 Detalles constructivos construcción vernácula (Fornielles)

Etapas 1901-1936

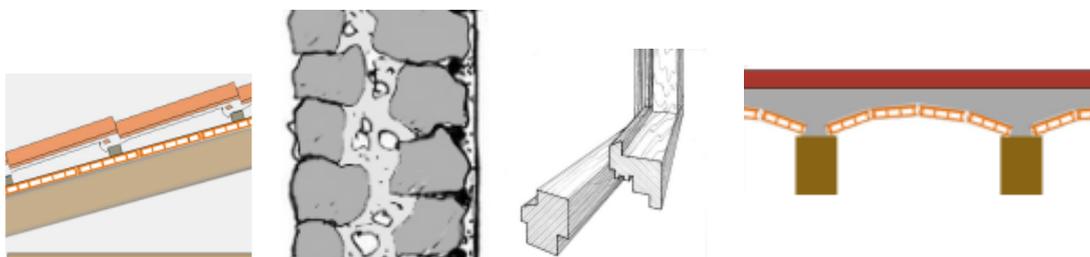


Imagen 3.13 Esquemas constructivos Cubierta, Fachada, Carpintería, Forjado. Fuente TABULA [108]

En este periodo ya se observan avances en materiales y técnicas constructivas, los muros y pilastras empiezan a construirse con ladrillos macizos, se representa esquemáticamente en la Imagen 3.14. Se incorporan las viguetas metálicas en la construcción de los forjados, aunque la parte ligera sigue realizándose mediante revoltón. Sigue siendo una construcción tradicional cuyos cerramientos son elementos en masa y además con función estructural. Por lo tanto, aún estamos ante fachadas que presentan huecos pequeños, dado que la incorporación de estos, merma en la resistencia del muro y cubiertas a dos aguas. Se trata de tipologías similares a la etapa anterior, unifamiliares de una o dos plantas.

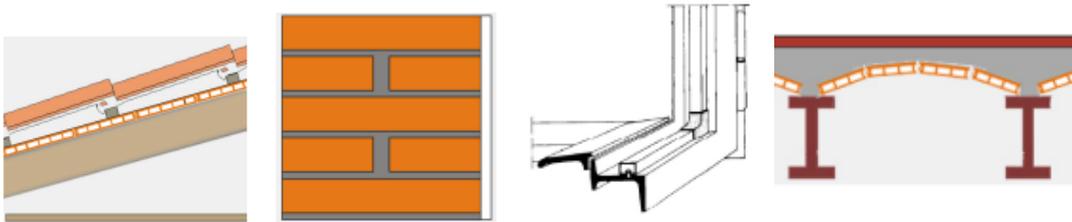


Imagen 3.14 Esquemas constructivos Cubierta, Fachada, Carpintería, Forjado. Fuente TABULA [108]

Etapa 1937-1959

En esta etapa ya se ha desarrollado el hormigón armado e implementado con buenos resultados, pero aspectos políticos y de comunicación con otros países del resto de Europa más avanzados, impide una evolución del sistema, llegando solo parcialmente y no de forma generalizada en la construcción de edificios. Aparecen los primeros forjados aligerados contruidos con viguetas y bovedilla, tanto para los forjados de plantas como en cubiertas. Aunque los sistemas constructivos de anteriores etapas siguen reproduciéndose en esta. Se incorporarán las carpinterías metálicas, como consecuencia de una mayor industrialización que se va incorporando al sector de la construcción, pero los vidrios siguen siendo monolíticos, se representa esquemáticamente en la Imagen 3.15. Se trata de un periodo donde se inicia el primer ciclo de expansión urbana, comienzan a construirse edificios en altura, el muro deja de ser portante para pasar a las estructuras porticadas, permitiendo liberar a las fachadas de las cargas. El estado adoptará un modelo económico independiente, debido a la delicada situación de postguerra que atraviesa el país. Se establecen límites en la utilización de algunos materiales, el hierro, por ejemplo, priorizándose para otras industrias, trayendo como consecuencia el auge del hormigón armado y sus ventajas frente a la construcción en altura, el muro dejará de tener una función estructural para pasar a un elemento de cerramiento, lo cual permitirá apertura de grandes huecos.

Las tipologías edificatorias son más variadas, se construyen edificios plurifamiliares de mayores alturas. Las cubiertas siguen siendo mayoritariamente inclinadas, aunque ya se incorporan las cubiertas planas como consecuencia de la tipología estructural. Las fachadas serán de ladrillo, preferentemente de una hoja y sin aislamientos térmicos. Los entramados de suelo están formados por forjados de viguetas de hormigón in situ y bovedillas aligeradas, las de madera y metálicas siguen presentes en la construcción y los entrevigados cerámicos también.

Los huecos exteriores se resuelven con materiales metálicos donde el aislamiento térmico de los perfiles no se contempla, utilizándose una sola hoja de vidrio (monolíticos).

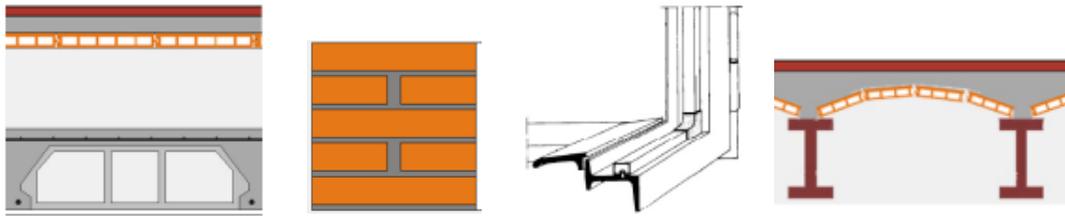


Imagen 3.15 Detalles constructivos Cubierta, Fachada, Carpintería, Forjado. Fuente TABULA [108]

Etaapa 1960-1979

Es una etapa con gran movimiento migratorio hacia las ciudades que ofrecen mayores oportunidades. Esto trae como consecuencia un periodo con altas necesidades de viviendas y por tanto de aprovechamiento del suelo urbano que conllevará a un mayor desarrollo de las construcciones en altura, edificios plurifamiliares que alberguen a la mayor cantidad de población posible. El hormigón armado ya está totalmente incorporado en la construcción de edificación y además aparecen las normas MV (Ministerio de Vivienda) que comienzan a regular el proceso constructivo en la edificación.

Las fachadas se han independizado totalmente de la estructura, su composición es de doble hoja, pero energéticamente siguen siendo deficientes, en su mayoría no presentan aislamientos térmicos, o en caso de que los tengan son totalmente deficientes, dado que la normativo no tiene grandes requerimientos al respecto.

La carpintería y vidrios de los huecos han evolucionado poco, la industrialización de la carpintería metálica cada vez está más desarrollada, pero desde un punto de vista energético son también deficientes. Las cubiertas son preferentes planas y es típica la cubierta de dos hojas o ventilada, que ante una falta de aislamiento térmico es una buena solución ante la eficiencia energética de las mismas.

En esta etapa se emplean los sistemas de cubierta ventilada sobre forjados unidireccionales de HA. Las fachadas empiezan a construirse con doble hoja, con una cámara generalmente no ventilada y no aislada. La resolución de los huecos apenas ha evolucionado, los perfiles metálicos siguen siendo los mayoritarios para resolver la carpintería. La Imagen 3.16 representa esquemáticamente los sistemas constructivos descritos.

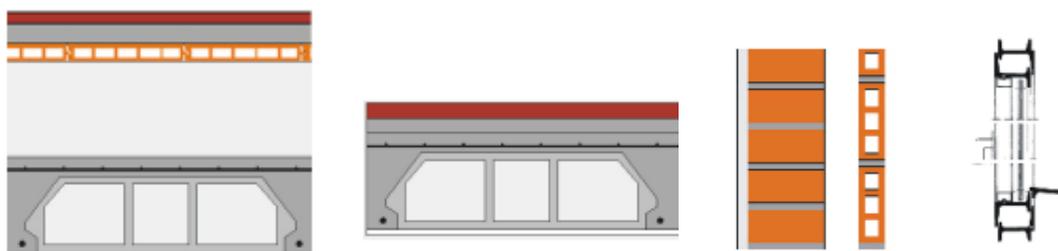


Imagen 3.16 Detalles constructivos Cubierta, Forjados, Fachada, Carpintería. Fuente TABULA [108]

Etapa 1980-2006

Estamos ante una etapa en la que es de aplicación la Norma Básica NBE-CT79, norma preceptiva respecto a las condiciones térmicas de los edificios, como consecuencia derivará en una mejora del comportamiento energético de los edificios. Las fachadas y cubiertas incorporan obligatoriamente el aislamiento térmico y se instalan vidrios dobles en las carpinterías, aunque el uso de carpinterías metálicas es mayoritario (con preferencia de aluminio), no disponen de rotura de puente térmicos, lo que conlleva altas transmitancias térmicas. A nivel estructural, estamos ante estructuras porticadas de hormigón estructural, con forjados unidireccionales prefabricados de vigueta y bovedilla. La Imagen 3.17 representa esquemáticamente los sistemas constructivos descritos

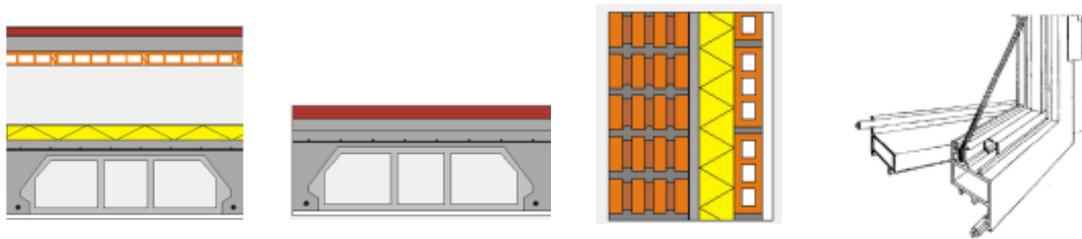


Imagen 3.17 Detalles constructivos Cubierta, Fachada, Carpintería, Forjado. Fuente TABULA [108].

Etapa 2007-post

Es de aplicación el primer CTE-2006, normativa que aúna las anteriores Normas Básicas (NBE) en un solo documento, con ello se intensifica el control del proceso constructivo en la edificación, así como los requerimientos técnicos y sobre todo las exigencias a nivel energético. La envolvente es un elemento determinante en el control energéticos del edificio y por tanto los requerimientos normativos estarán bien definidos según zona climática donde se ubique el edificio. Se requerirán estudios higrotérmicos a nivel de adecuados aislamientos térmicos y ausencia de condensaciones, por supuesto, tener especial cuidado en el diseño y construcción de los puentes térmicos. Así pues, todos los elementos llevarán aislamientos térmicos y las perfilerías de las carpinterías de aluminio incorporarán rotura de puente térmico. Se mejoran los vidrios, incorporando los vidrios bajo-emisivos, con control solar, cámaras de aire entre vidrio con gases que mejoran el aislamiento (gas argón), triples vidrios, etc. La Imagen 3.18 representa esquemáticamente los sistemas constructivos descritos

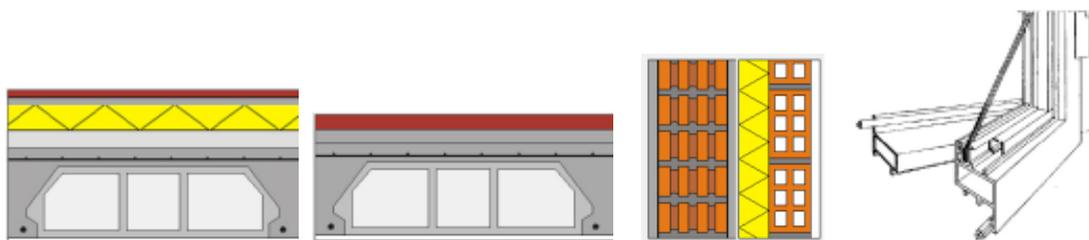


Imagen 3.18 Detalles constructivos Cubierta, Fachada, Carpintería, Forjado. Fuente TABULA [108].

3.2.4 Análisis sectorizado del barrio.

3.2.4.1. Introducción

A partir de los datos catastrales disponibles en la Sede Electrónica del Catastro del Ministerio de Hacienda y Función Pública [119], se ha realizado una recopilación de datos de todas las edificaciones existentes en el barrio de Benicalap. El objetivo es realizar un análisis de la edificación del barrio, conocer la distribución de los edificios en el área urbana de forma que se pueda correlacionar con el crecimiento urbano. Al mismo tiempo se pretende conocer qué tipologías de edificios contiene, de forma que permita sintetizar el parque edificado en unos modelos representativos de estudio, con el objeto de conocer en qué condiciones energéticas se encuentran, a partir de su etapa constructiva. Aunque el análisis y obtención de arquetipos urbanos se realiza en el apartado siguiente, 3.2.5., se han incluido gráficas de análisis de distribución de tipologías urbanas en el análisis sectorizado, con el objeto de agrupar la información y mejorar su comprensión.

3.2.4.2. Metodología

Para un mejor análisis de los datos, se ha procedido a realizar una sectorización del barrio según puede verse en la Imagen 3.16, La sectorización está correlacionada con el estudio y análisis del entorno urbano realizado previamente en el apartado 1.3, y además determinada principalmente por la evolución de su crecimiento. Posteriormente, con el objeto de simplificar el estudio, se procederá a una categorización de las tipologías edificatorias que desembocará en una codificación por Arquetipos Urbanos, los cuales se utilizarán como modelos, patrones o unidades mínimas de toma decisiones y gestión de representatividad de análisis del total de la trama urbana del barrio.

Es fácilmente reconocible el tejido urbano de mayor antigüedad, que correspondería con el Sector 3, como se observa en la Imagen 3.19, caracterizado por una trama irregular que va creciendo fruto de necesidades de urgencia, lejos de la regularidad que imponen planes urbanísticos que se van desarrollando con posterioridad en Valencia.



Imagen 3.19 Sectorización según evolución trama urbana. Elaboración propia

La sectorización se organiza en 4 sectores principales que luego serán subdivididos en subsectores que facilitarán el manejo de datos. El objetivo principal en esta fase tratará de identificar los edificios según etapa constructiva y la tipología de edificio, si se trata de un edificio unifamiliar o plurifamiliar, diferenciando estos a su vez según su altura, además de otros datos identificativos del edificio que se mostrarán en unas fichas informativas. Así pues, se determinará unas tipologías constructivas o Arquetipos Urbanos, que servirán de modelos o unidad mínima de toma de decisiones y gestión [91] ante políticas de rehabilitación energética.

3.2.4.3. Resultados

Para cada uno de los sectores y subsectores correspondientes se ha obtenido información relacionada con el área total de incidencia, el número de manzanas que incluye, el núm. de edificios y el área edificada total del sector, el año predominante de construcción del sector. Al mismo tiempo, en referencia a los edificios se ha documentado la tipología constructiva de la fachada, cubierta y carpintería, y finalmente se indica el uso de las plantas bajas. Toda esta información se resume en forma de tablas y gráficas para cada sector.

SECTOR 1:

El Sector 1 queda enmarcado entre las siguientes calles, C/ Montcada, C/ Pedro Cabanes, Av. Juan XXIII y la Av. Hnos. Machado. Esta área presenta una edificación reciente, compuesta por bloques en altura y parcelas sin edificar. Más del 50% de los edificios son plurifamiliares de 8 alturas, seguidos con mayor porcentaje por los de 6 plantas, Imagen 3.20.

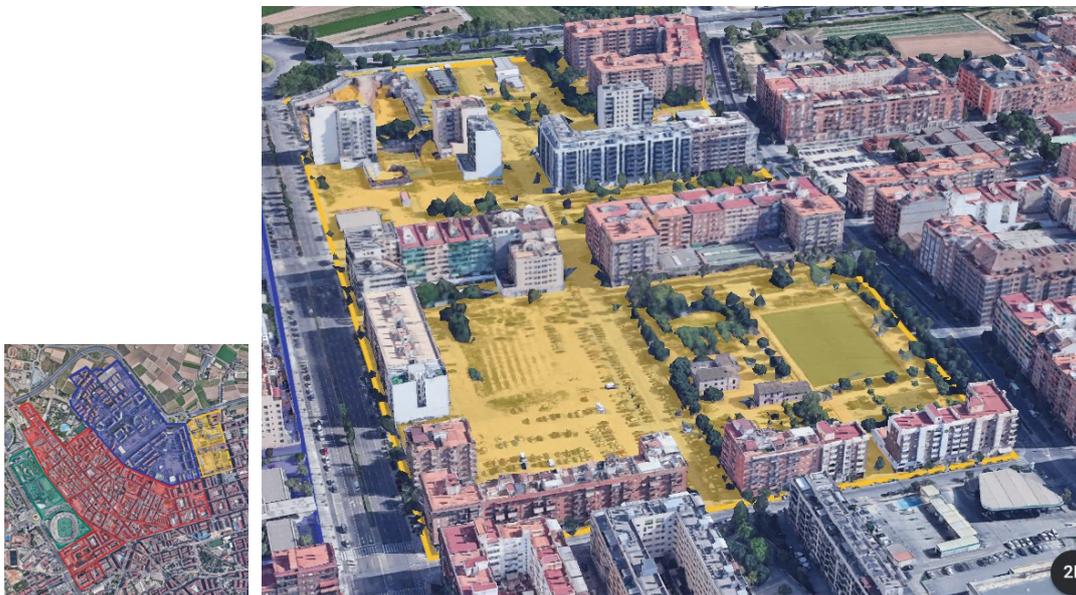


Imagen 3.20 Análisis urbano Sector 1 barrio Benicalap. Elaboración propia

El periodo de construcción va desde 1982 a 2019, sobresaliendo los edificios construidos en el año 1982 y el año 2005. Tal como recoge el análisis realizado en la Imagen 3.21, alrededor de un 82% del total de los edificios se han levantado en etapas anteriores al CTE. Así pues, se trata de una zona que ha sido construida bajo los requerimientos normativos desde el punto de vista energético, NBE-CT 79 y aunque no sean tan restrictivos como los actuales, se trataría de una

zona cuya adecuación resultaría menos costosa y cuya urgencia sería menor que la de otros sectores más pobres desde un punto de vista energético.

SECTOR 1	
Descripción	
Superficie total	14,1 ha
Manzanas	10 uds
Superficie construida	41.107 m2
Años construcción mayoritario	1982 y 2005
Núm. Edificios	40 uds
Núm. Viviendas	1.053 uds
Etapa constructiva mayoritaria	80/2005
Usos P.Baja	Comercial
Sistemas constructivos envolvente	
Fachada	Ladrillo Caravista
Cubierta	Plana
Carpintería	Perfil Aluminio

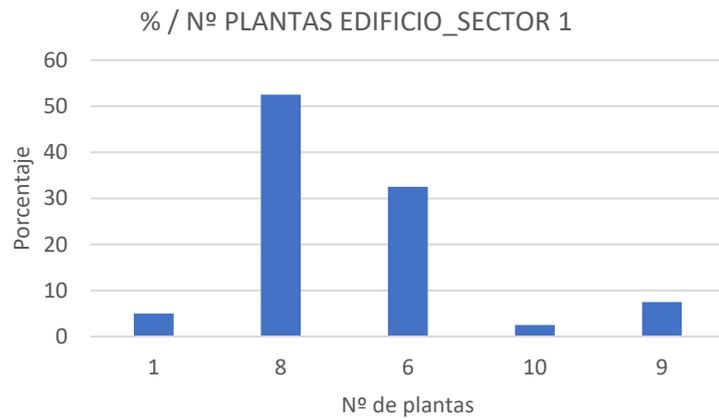


Imagen 3.21 Análisis urbano y gráfico de % de incidencia Sector 1. Elaboración propia

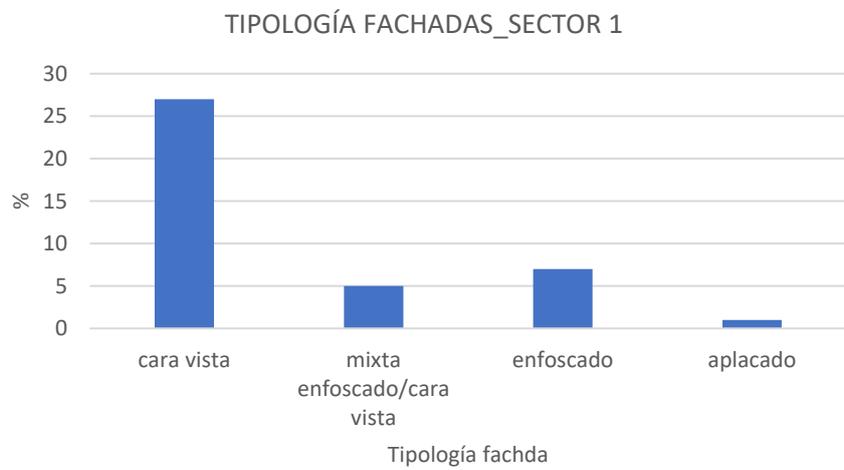
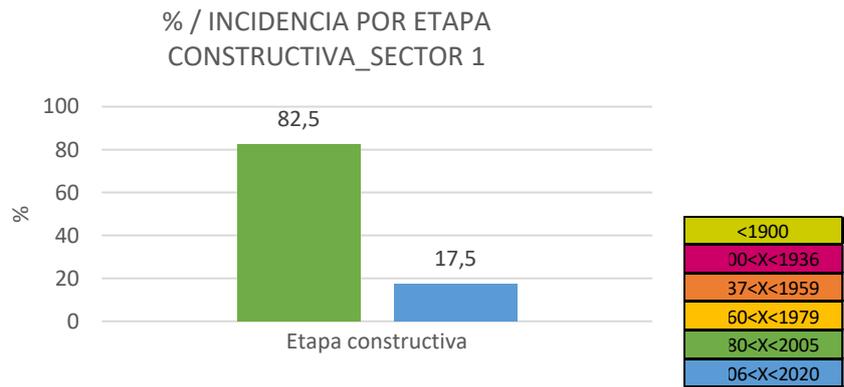


Imagen 3.21 Continuación. Análisis urbano y gráfico de % de incidencia Sector 1. Elaboración propia

SECTOR 2:

En el sector 2 se incluyen Ciutat Fallera y Nou Benicalap Imagen 3.22. Se ubica entre Av. Juan XXIII, CV 30, Av. Ecuador y Calle/ Castellonet. Este sector se subdividirá en dos subsectores. S-2.1, Ciutat Fallera, encontraremos edificios en altura de los años 60 y 70 principalmente y edificios industriales. Tal como muestra la Imagen 3.23, el S-2.2, es ocupado por Nou Benicalap, predominan los edificios en altura de viviendas de nueva construcción.



Imagen 3.22 Análisis urbano Sector 2 barrio Benicalap. Elaboración propia

En este sector son mayoritarios (más de un 65% del total) los edificios construidos en la etapa 1960-1979 (periodo previo a NTE-CT/79). El análisis de datos se muestra en Imagen 3.3.

SECTOR 2	
Descripción	
Superficie total	60,24 ha
Manzanas	71 uds
Superficie construida	188.431,50 m2
Años construcción mayoritario	1969
Núm. Edificios	40 uds
Núm. Viviendas	4,529 uds
Etapa constructiva mayoritaria	1960-1979
Usos P.Baja	Industrial
Sistemas constructivos envolvente	
Fachada	Mixta: Enfoscado + Ladrillo Caravista
Cubierta	Plana
Carpintería	Perfil Aluminio

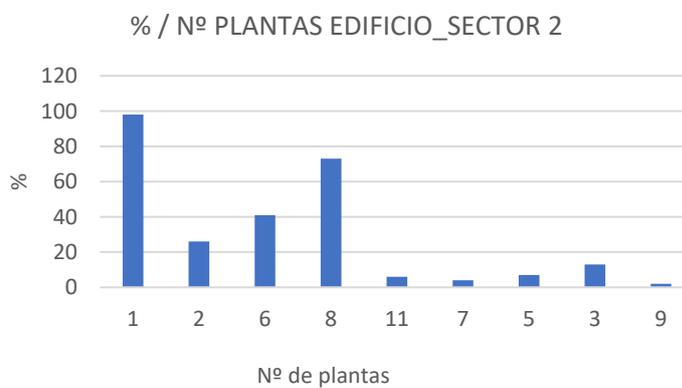


Imagen 3.23 Análisis urbano y gráfico de % de incidencia Sector 2. Elaboración propia

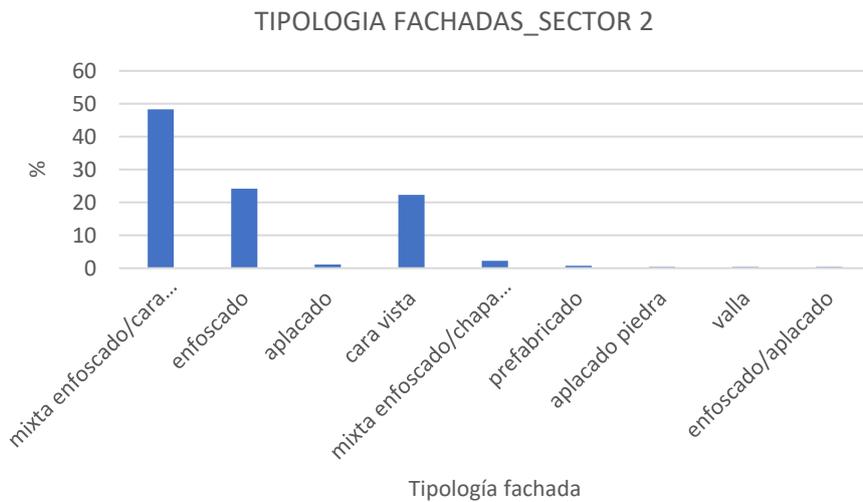
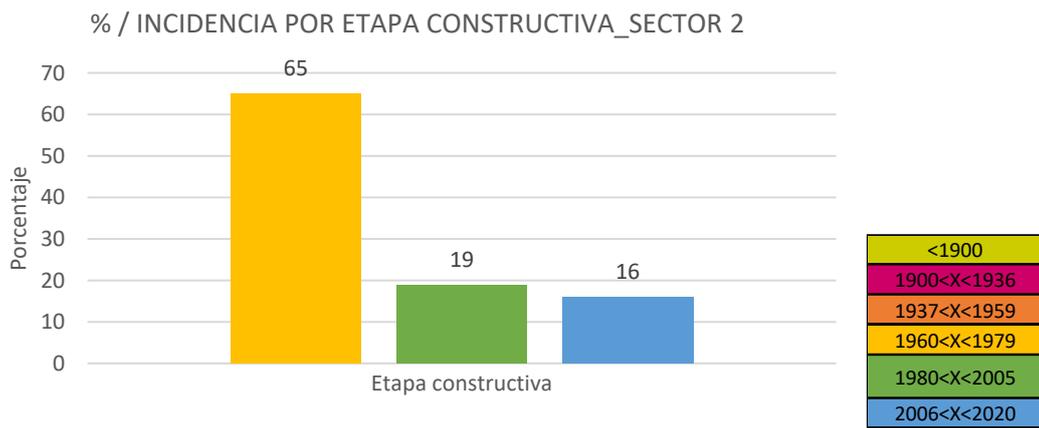
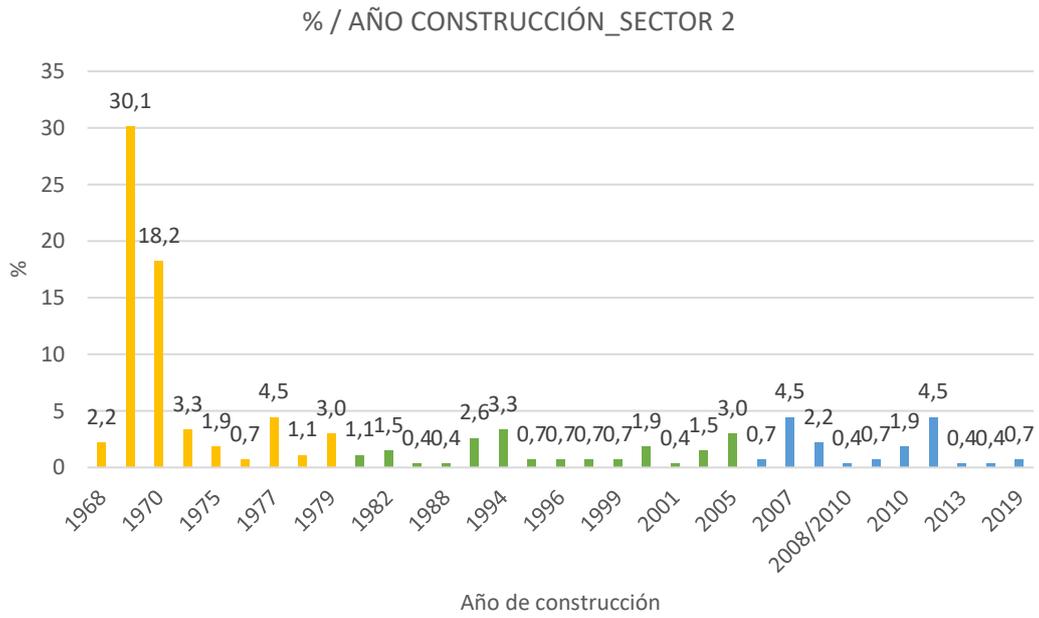


Imagen 3.23 Continuación. Análisis urbano y gráfico de % de incidencia Sector 2. Elaboración propia

Subsector 2.1:

En el **Sub-S2.1** se encuentra la Ciutat Fallera, corresponde a una zona mayoritariamente industrial, con edificios tipo nave industrial, combinado con edificios residenciales, como se aprecia en la Imagen 3.24.

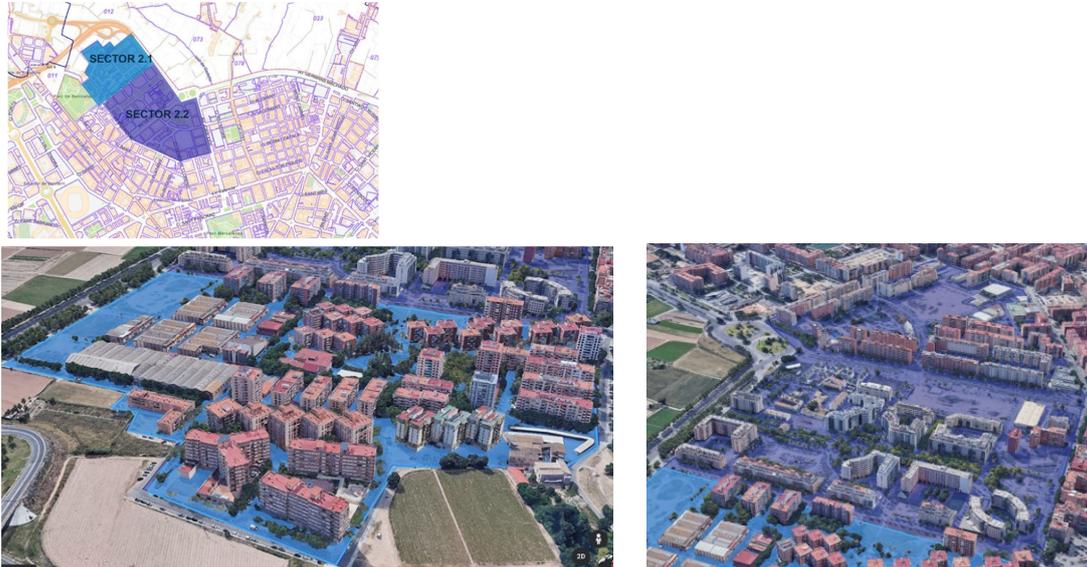


Imagen 3.24 Análisis urbano Sub-S 2.1 y Sub-S 2.2. Elaboración propia

El análisis de datos del Sub-Sector 2.1 se muestra en la Imagen 3.25.

SECTOR 2.1	
Descripción	
Superficie total	19,28 ha
Manzanas	40 uds
Superficie construida	88.988,00 m2
Años construcción mayoritario	1970
Núm. Edificios	190 uds
Núm. Viviendas	2.048 uds
Etapa constructiva mayoritaria	1960-1979
Usos P.Baja	Comercial
Sistemas constructivos envolvente	
Fachada	Mixta: Enfoscado + Caravista
Cubierta	Plana
Carpintería	Perfil Aluminio

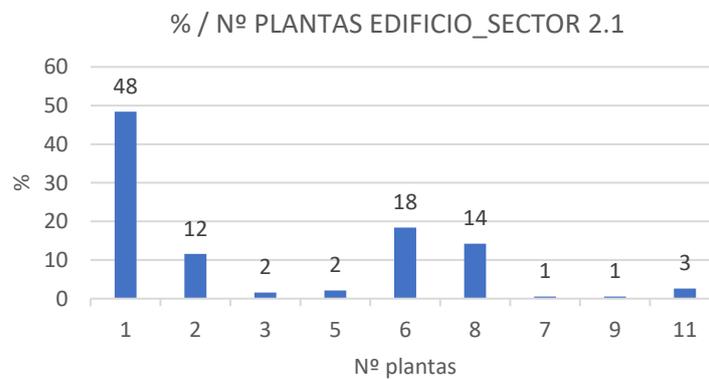


Imagen 3.25 Análisis urbano y gráfico de % de incidencia Sub-Sector 2.1. Elaboración propia

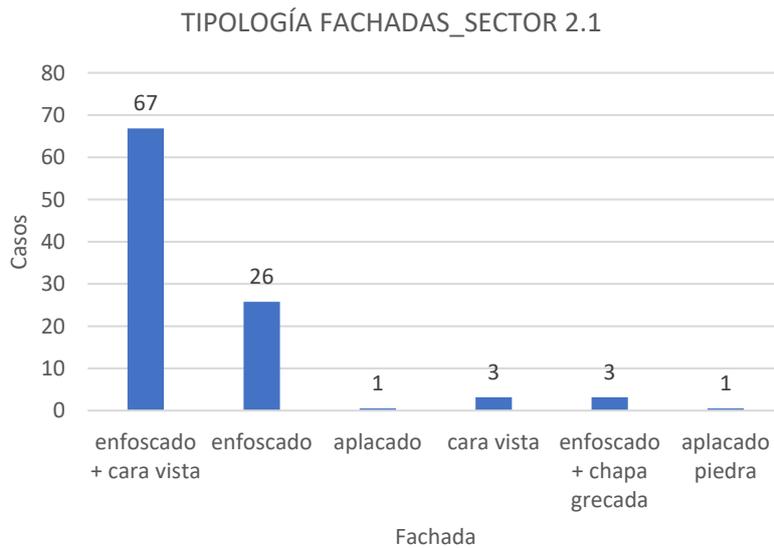
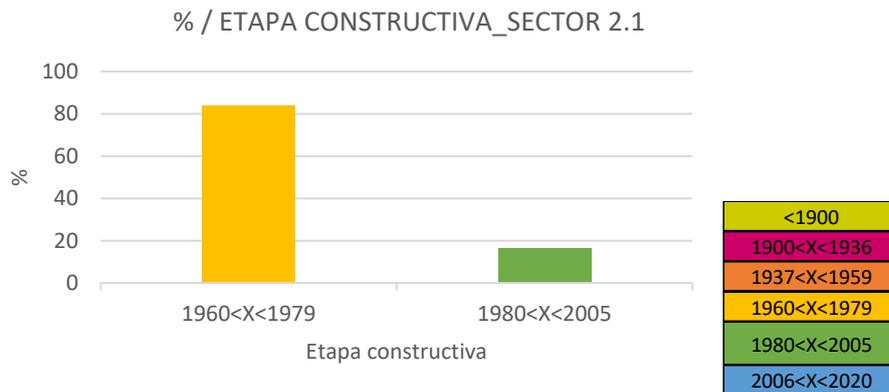
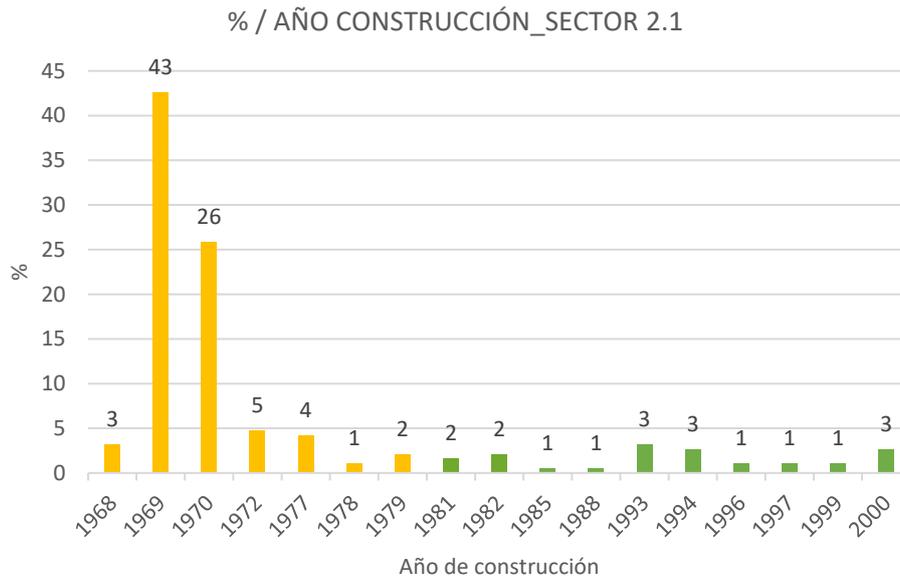


Imagen 3.25 Continuación. Análisis urbano y gráfico de % de incidencia Sub-Sector 2.1. Elaboración propia

Subsector 2.2:

El **Sub-S2.2** cuenta con 80 edificaciones, predominando los edificios multifamiliares para alturas de 8 plantas (57,5% del total), además se trata de una zona de más o menos reciente construcción. El mayor porcentaje construido mayoritario corresponde al intervalo entre el año 2006-2020. Los años de mayor construcción en la zona son los correspondientes a 2007 y 2011, estamos justo en los años que se inicia la crisis inmobiliaria del 2008. Claramente se observa el descenso en la construcción a partir del año 2013, el análisis de datos del Sub-Sector 2.2 se muestra en la Imagen 3.26.

SECTOR 2.2	
Descripción	
Superficie total	40,96 ha
Manzanas	31 uds
Superficie construida	99.443,50,00 m2
Años construcción mayoritario	2007 y 2011
Núm. Edificios	80 uds
Núm. Viviendas	2.481 uds
Etapla constructiva mayoritaria	1960-1979
Usos P. Baja	Comercial
Sistemas constructivos envolvente	
Fachada	Caravista
Cubierta	Plana
Carpintería	Perfil Aluminio

SECTOR 2	
Descripción	
Superficie total	60,24 ha
Manzanas	71 uds
Superficie construida	188.431,50 m2
Años construcción mayoritario	1969
Núm. Edificios	269 uds
Núm. Viviendas	4,529 uds
Etapla constructiva mayoritaria	1960-1979
Usos P .Baja	Industrial
Sistemas constructivos envolvente	
Fachada	Mixta: Enfoscado + Ladrillo Caravista

Imagen 3.26 Análisis urbano y gráfico de % de incidencia Sub-Sector 2.1. Elaboración propia

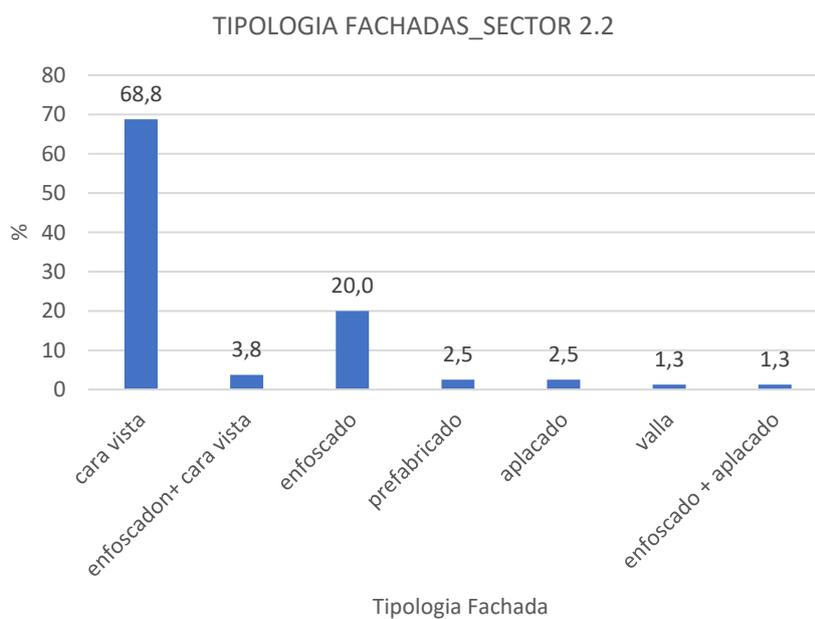
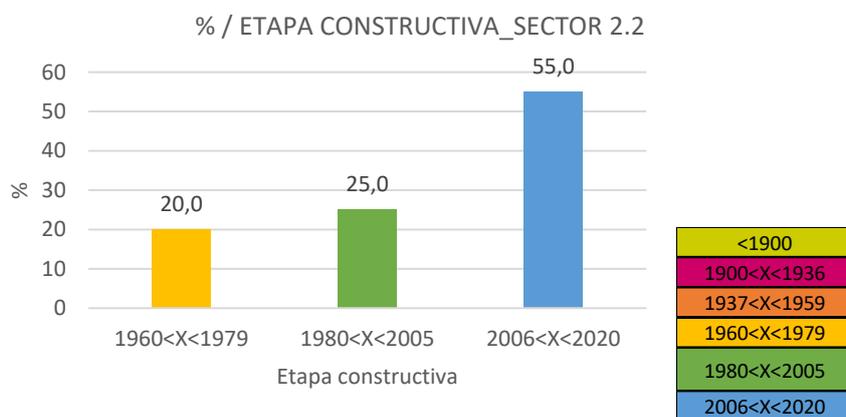


Imagen 3.26. Continuación. Análisis urbano Sub-Sector2.1. Elaboración propia

SECTOR 3:

El Sector 3 es el que mayor representatividad muestra, tanto en cuantía como en variabilidad de arquetipos urbanos, en la Imagen 3.27 se representa una vista real del sector y subsectores objeto de estudio. También presenta los edificios de mayor antigüedad del barrio que todavía existen, fácilmente identificables por mantener aún la cubierta inclinada de teja. Muchos edificios en altura de las zonas próximas al entorno de crecimiento del barrio, la Av. de Burjassot, están ocupando parcelas de edificaciones anteriores, obedeciendo a las nuevas necesidades poblacionales del barrio. El Sector 3 ocupa el 47% aproximadamente de la superficie total de Benicalap, el que presenta mayor variabilidad y mayor potencial de rehabilitación energética, dado que se encuentran los edificios de mayor antigüedad. Se ha realizado una sub-sectorización, Imagen 3.27, más pormenorizada con el objeto de gestionar mejor los datos y ayudar a plantear estrategias más específicas según las necesidades que se presenten.



Imagen 3.27 Análisis urbano Sector 3. Elaboración propia

La sub-sectorización se ha diferenciado en dos partes principales, según el eje de crecimiento del barrio que lo marca la Avd. Burjassot. El margen derecho de la Avenida estará dividido en cuatro subsectores, y el margen izquierdo en tres subsectores.

El Sector 3 en su conjunto, presenta un total de 1192 edificaciones. Nos encontramos ante un parque edificado en el que mayoritariamente lo ocupan edificios plurifamiliares de seis plantas. Los años 1950, 1965 y 1972 corresponden a los de mayor construcción. El análisis de datos del sector 3, se representa en la Imagen 3.28.

SECTOR 3	
Descripción	
Superficie total	85,54 ha
Manzanas	121 uds
Superficie construida	3.069.335,40 m ²
Años construcción mayoritario	1950-1965
Núm. Edificios	1192
Núm. Viviendas	15.610
Etapla constructiva mayoritaria	1960-1979
Usos P.Baja	Comercial
Sistemas constructivos envolvente	
Fachada	Enfoscado
Cubierta	Plana
Carpintería	Perfil Aluminio

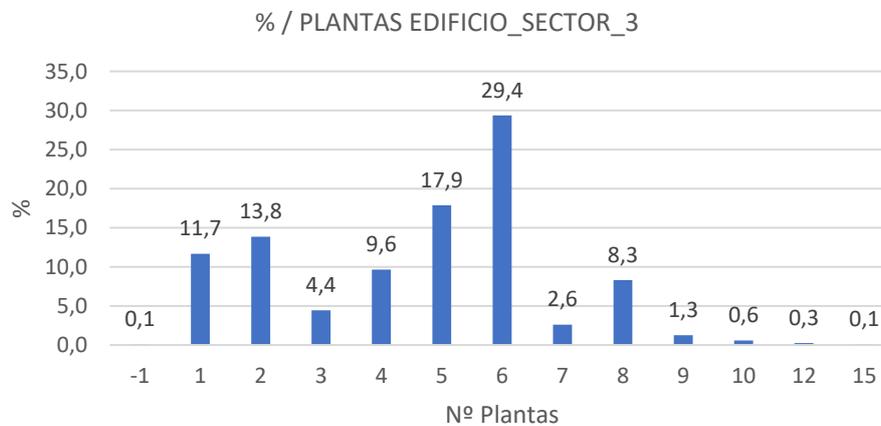


Imagen 3.28 Análisis urbano y gráfico de % de incidencia Sector 3. Elaboración propia

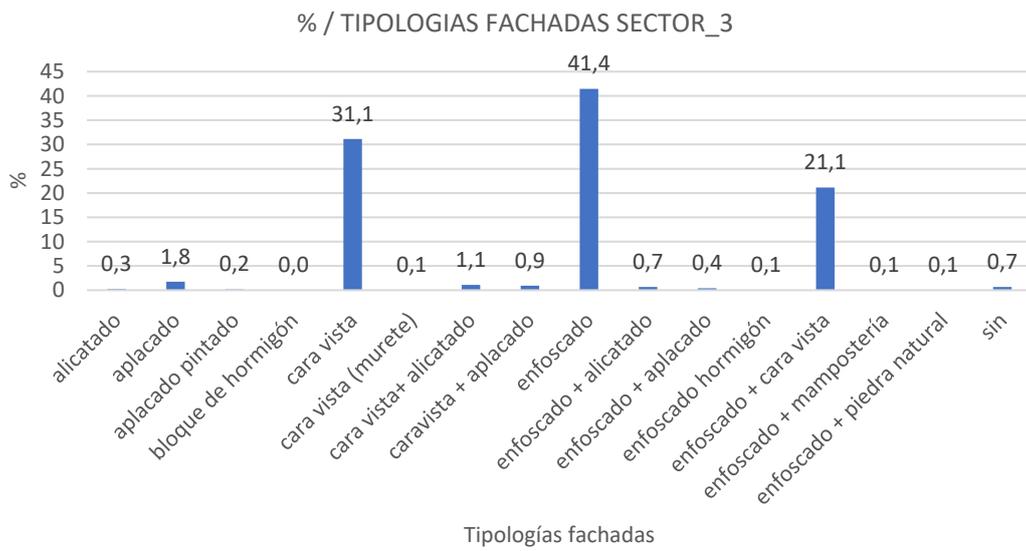
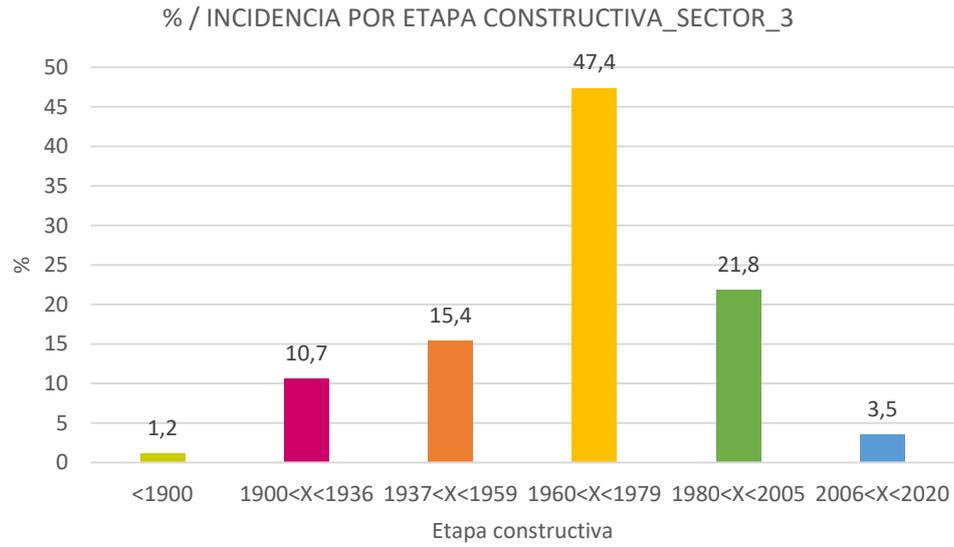


Imagen 3.28 Continuación. Análisis urbano y gráfico de % de incidencia Sector 3. Elaboración propia

Con el objeto de no cargar excesivamente el cuerpo del trabajo, en anexo adjunto se presentará el estudio detallado de todos los subsectores, con los cuadros informativos y gráficas de análisis de datos, aportando una mejor visualización de estos. En las conclusiones de este apartado, sí se mostrarán los datos correspondientes a todas las sub-sectorizaciones descritas.

Del análisis de los datos de sub-sectorización del Sector 3, según muestra la Imagen 3.29, se aprecia que para todos los subsectores la época constructiva mayoritaria corresponde a 1960-1979, como ya era de esperar, tras el análisis evolutivo del barrio. Los edificios pre-1900 son poco representativos, apareciendo en los Sub-S3.1.2 y 3.1.3, corresponden a edificios tipo vivienda unifamiliar de una o dos plantas, los cuales con el desarrollo urbano van desapareciendo para convertirse en edificios en altura, más rentables desde el punto de vista inmobiliario y también como aprovechamiento de los recursos del entorno. También vemos como poco representativos los construidos a partir de 2006, como consecuencia del inicio de la crisis inmobiliaria en el año 2008.

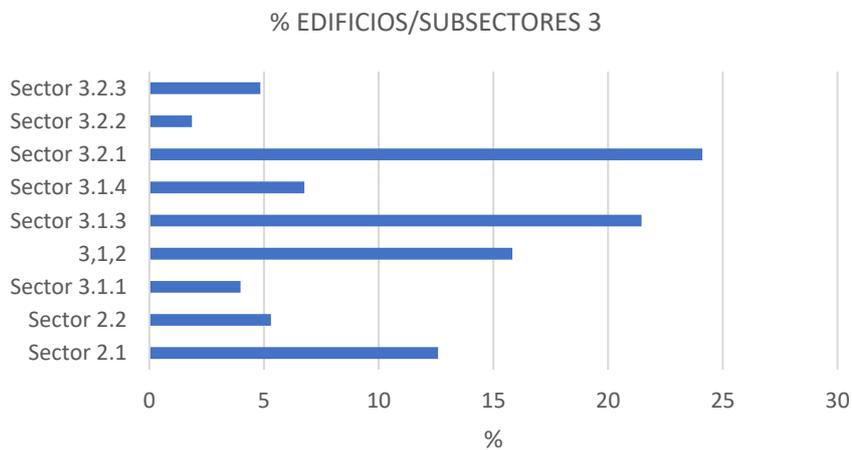
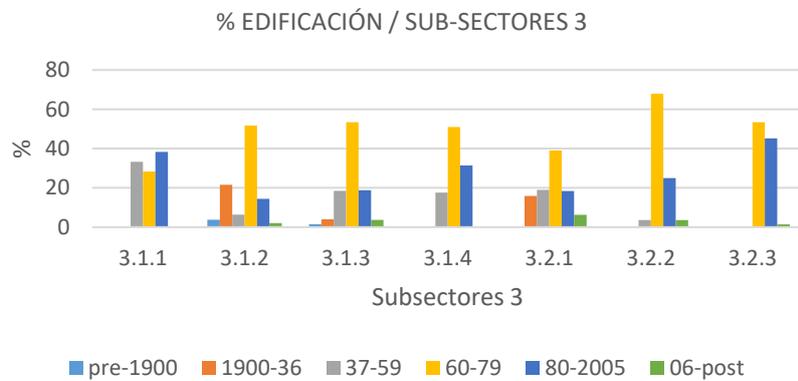


Imagen 3.29 Análisis urbano Sub-Sectores 3. Elaboración propia

SECTOR 4:

Este Sector es el que comprende las edificaciones más actuales, y además de grandes alturas, (15 y 16 plantas), corresponde a la zona indicada en color verde de la Imagen 3.30. Sito entre C/ Doctor Nicasio Benlloch, C/Amics del Corpus, C/Miguel Ángel Blanco y Av. Cortes Valencianas.

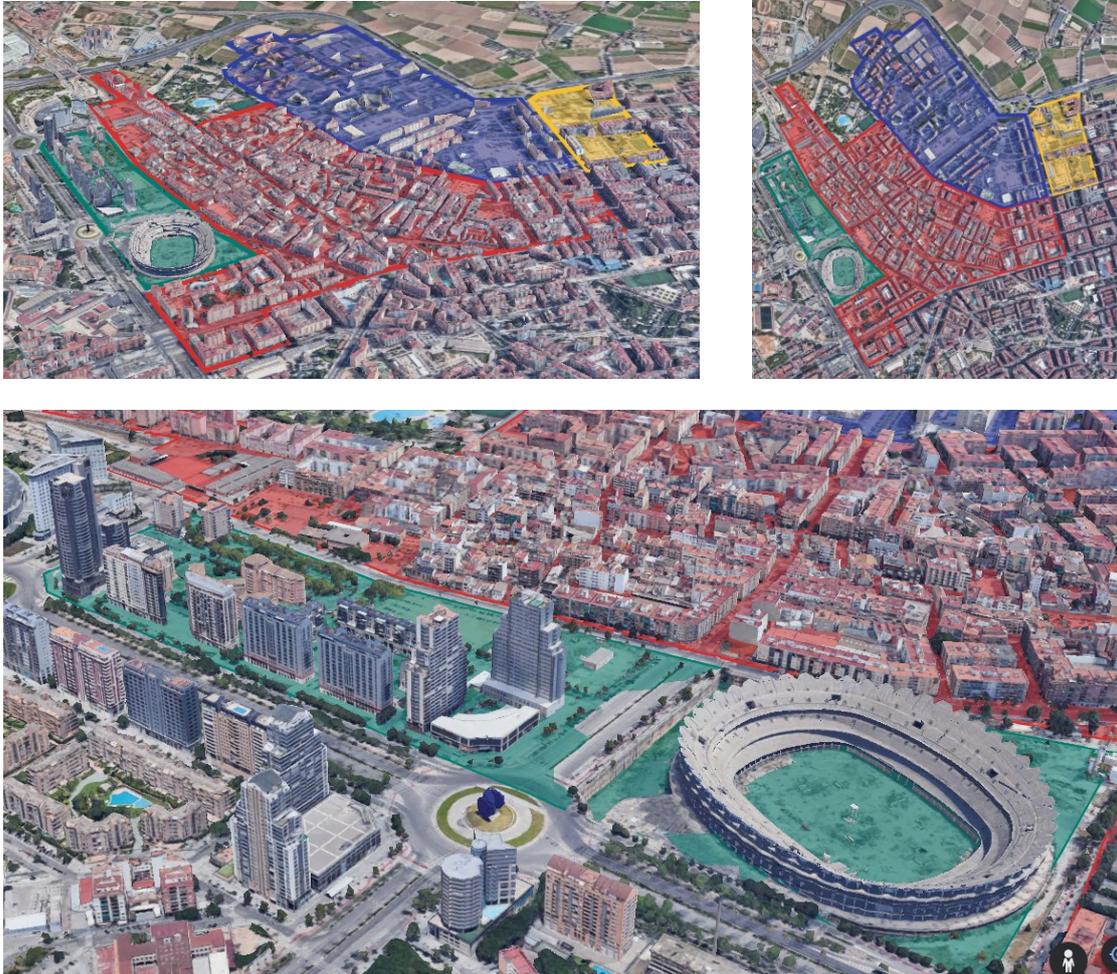


Imagen 3.30 Análisis urbano Sector 4. Elaboración propia

SECTOR 4	
Descripción	
Superficie total	22,99 ha
Manzanas	6 uds
Superficie construida	260.494,00m2
Años construcción mayoritario	2001
Núm. Edificios	10
Núm. Viviendas	1.004
Etaapa constructiva mayoritaria	1980-2005
Usos P.Baja	Comercial
Sistemas constructivos envolvente	
Fachada	Caravista
Cubierta	Plana
Carpintería	Perfil Aluminio

Imagen 3.31 Análisis urbano y gráfico de % de incidencia Sector 4. Elaboración propia

Solo seis edificios representan este sector. El análisis de los datos se observa en la Imagen 3.31 La muestra de edificios es baja, es una zona en expansión, predominando una nueva trama urbana en gran altura (15 y 16 plantas) y el periodo constructivo el año 2001.

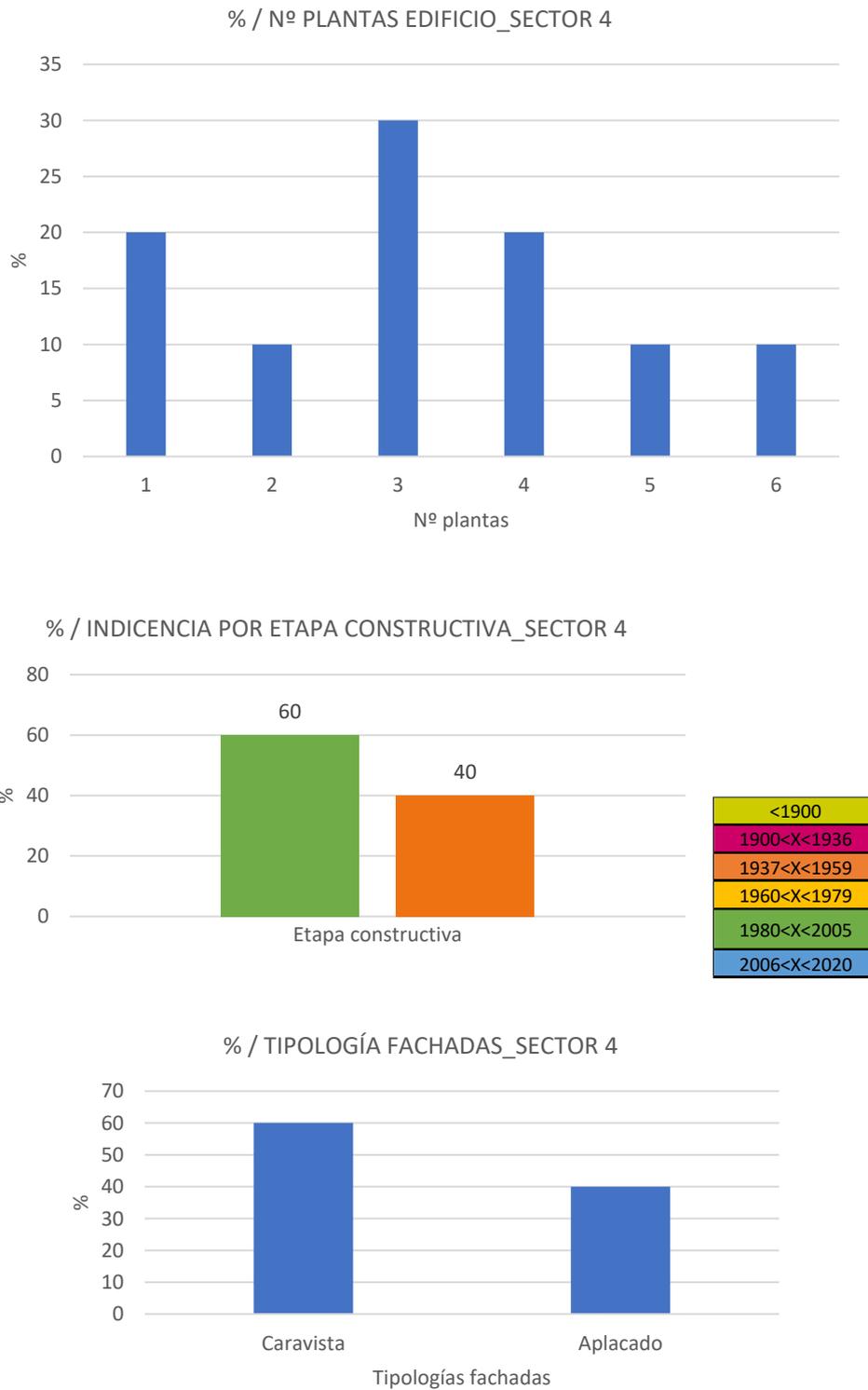


Imagen 3.31 Continuación. Análisis urbano y gráfico de % de incidencia Sector 4. Elaboración propia

La información recogida ha sido representada mediante un Sistema de Información Geográfica libre de Código Abierto (www.qgis.org), Imagen 3.32, facilitando la visualización y mejor análisis de la información que se va desarrollando. Se trata de un programa tipo SIG, con un modelo de desarrollo Software libre.

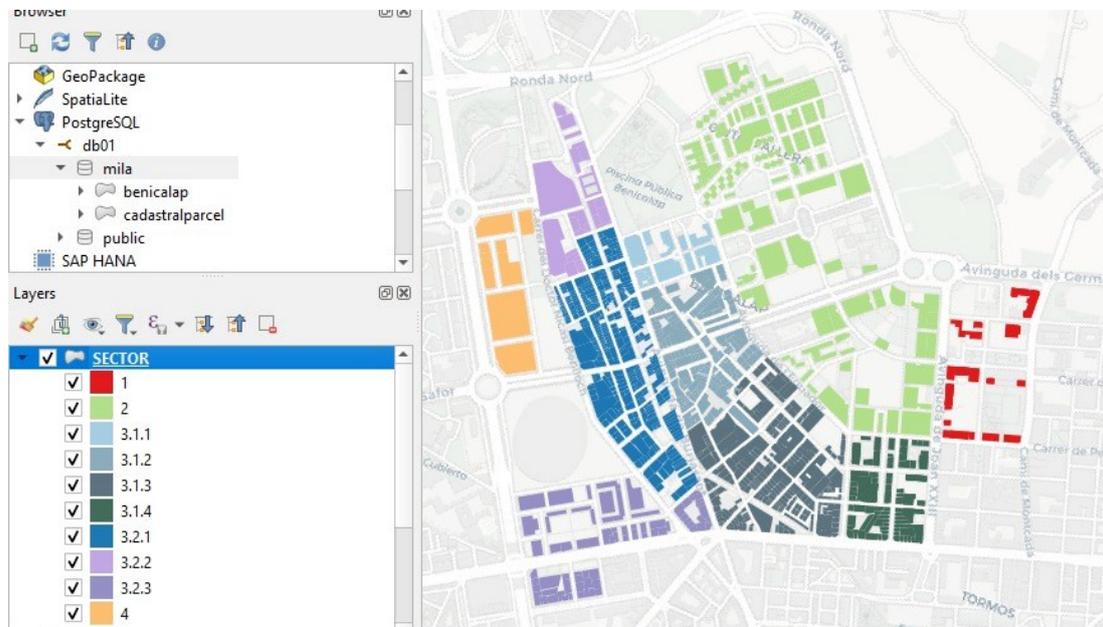


Imagen 3.32 Sectorización barrio Benicalap con el Sistema de Información Geográfica (SIG) QGIS. Elaboración propia

3.2.4.4. Conclusiones

La sectorización del barrio de Benicalap se realiza en base a un trabajo previo realizado por el Ayuntamiento de Valencia fundado principalmente en la evolución de crecimiento de este. La Imagen 3.33 y 3.34 representa gráficamente los % de inmuebles según etapa constructiva y sector al que pertenece. Con ese punto de partida se procede a realizar el estudio del barrio, procediendo a una sub-sectorización de este para un mejor análisis. Así pues, a partir de los datos compilados del entorno urbano se realizan las siguientes observaciones:

- Los sectores 1 y 4 son los más alejados del eje origen de la población y obviamente presentan construcciones más recientes, no apareciendo estas hasta los años 80. Se trata de una construcción en la que ya es de aplicación la normativa de obligado cumplimiento NBE CT79, por lo tanto, los edificios presentarán una eficiencia energética mejorada respecto a los periodos anteriores, aunque sin las exigencias del CTE actual. Podemos decir, que son edificios que no se encontrarían ante una emergencia de adecuación, comparativamente con el resto del barrio.
- En el Sector 2 no empiezan a aparecer edificaciones hasta los años 60. En este sector hay que hacer una diferenciación importante entre el sector industrial y el sector residencial, dado que puede llevar a confusión el análisis de datos. El sector 2.1 corresponde a la Ciutat Fallera, en esta zona alrededor del 50% de la edificación corresponde a inmuebles de una sola planta, lo que equivale, principalmente, a las naves industriales existentes,

y el resto corresponde a una tipología de edificación residencial, mayoritariamente construida en el periodo 60-79 (corresponden a 95 edificios del total del sector). En cambio, el sector 2.2 se trata de una zona en expansión, donde predominan los edificios de 8 alturas, siendo mayoritaria la etapa de construcción post-2007.

- El Sector 3, el cual contiene la Avda. Burjassot, como eje de expansión del Barrio, evidencia el mayor crecimiento poblacional, por tanto, podemos observar mayor cantidad de edificios y por tanto variabilidad de arquetipos urbanos. Los de mayor representatividad son los construidos en el período 60-79, para todos los sectores, y casi el 80% (78,89%) pertenecen al sector 3, Imagen 3.3, Imagen 3.34. Así pues, estaríamos ante un sector que requiere un estudio más detallado con el objeto de conocer el alcance del estado energético del barrio. Es por ello por lo que, se ha procedido a una subsectorización condicionada por el eje vertebrador, la Avenida, resultando en un total de siete subsectores.
- En general, la representatividad edificatoria de la etapa constructiva a partir de 2007 es muy baja (5.5%), obedece más a una inercia constructiva comprometida de los años anteriores más que a nuevas promociones inmobiliarias, siendo prácticamente el 50% de la totalidad de los edificios construidos en la etapa 60-79. Casi el 75% del total de las edificaciones se construyen entre las etapas 60-79 y 80-06. Y otro dato interesante,

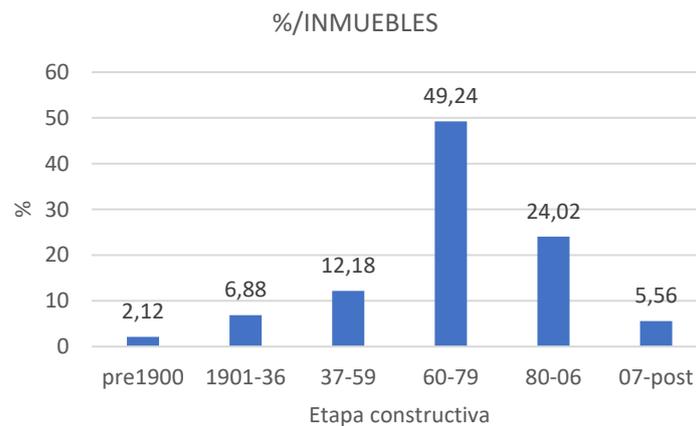


Imagen 3.33 Representatividad edificatoria por etapas constructivas. Elaboración propia

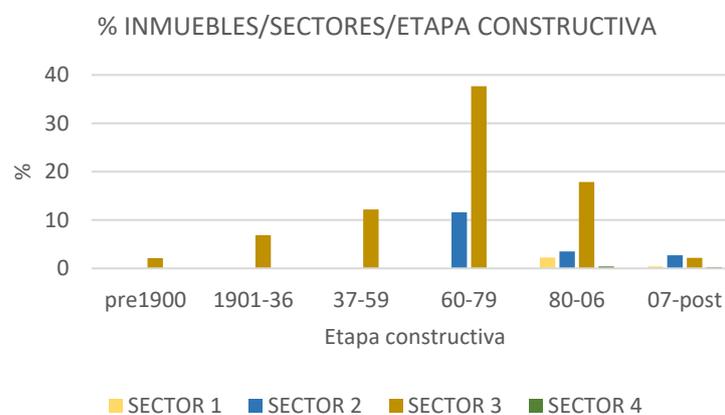


Imagen 3.34 Edificación según Sectores y Etapas Constructivas. Elaboración propia

teniendo en cuenta el aspecto energético-constructivo, aproximadamente el 70% de la edificación corresponde a las etapas entre pre1900 y 60-79, con normativas muy poco exigentes, energéticamente. Teniendo en cuenta la sectorización, el sector 3 en general y el sector 2, son los que prácticamente representan la totalidad del barrio, además de la mayor obsolescencia de las edificaciones.

- Teniendo en cuenta la sub-sectorización realizada en el análisis, serían los sub-sectores 3.2.1, 3.1.3 y 3.1.2, los más representativos en cuanto a magnitud de edificios, según se muestra en la Imagen 3.35. Se trata de la zona donde más edificios en altura encontramos, construidos en el boom inmobiliario de los 60s, para dar cabida a la fuerte inmigración, abriendo nuevas zonas de expansión y a su vez sustituyendo a construcciones antiguas más obsoletas para dar paso a edificaciones en altura que dieran más rendimiento inmobiliario al suelo y por tanto más cabida poblacional.



% EDIFICIOS/SECTORES

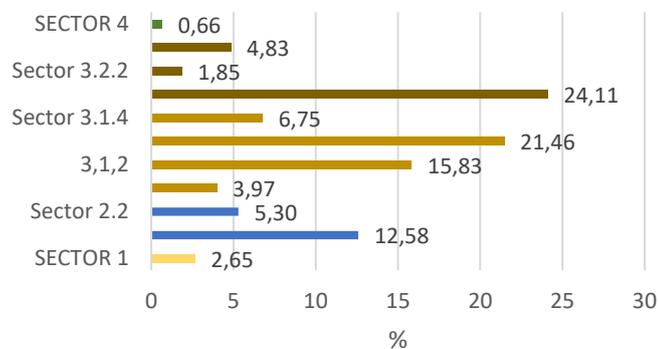


Imagen 3.35 Análisis urbano del barrio por sectores y subsectores. Elaboración propia

Con este análisis urbano sectorizado, se pretende demostrar de manera empírica dónde se encuentra el parque inmobiliario más obsoleto, de forma que se conozcan los diferentes núcleos poblacionales que se generan dentro de un mismo distrito o barrio. Así pues, podrán proponerse metodologías holísticas, donde los escenarios que se planteen, en pro de la sostenibilidad, sean analizados en su conjunto, como un todo integrado. Una visión holística del entorno urbano incluye conocer no solo las partes que lo componen, los edificios, los habitantes, los servicios, espacios verdes, etc., sino también como se comportan cada una de las partes, de forma que puedan explicar por completo su funcionamiento. Así pues, cuando se planteen estrategias de intervención deberían tenerse en cuenta las sinergias entre las partes para garantizar la verdadera sostenibilidad del sistema.

3.2.5 Clasificación Arquetipos Urbanos

Una vez analizada la base de datos urbanos resultantes, según los periodos considerados, y de la sectorización justificada a partir del crecimiento poblacional, se concluyen una serie de aspectos que confluirán finalmente en la definición de los Arquetipos Urbanos, que servirán de modelo para el estudio energético del barrio.

3.2.5.1. Metodología

Se establecen, como premisa para la definición de los Arquetipos Urbanos, dos aspectos que se han considerado determinantes, la volumetría de los edificios y las etapas constructivas.

El crecimiento de la construcción en altura obedece principalmente a dos aspectos, a una evolución de los materiales intervinientes en la ejecución, como fue la introducción del hormigón armado, permitiendo sistemas estructurales más diáfanos y de mayor altura; y el otro aspecto es la necesidad de optimizar el suelo urbano, la construcción en altura permitirá construir más viviendas para satisfacer un mercado en auge, un incremento de la demanda residencial, consecuencia de la inmigración y la mayor industrialización de la zona. Además, la magnitud del edificio será indicador de la repercusión poblacional que tendrán las estrategias de mejora planteadas.

La etapa de construcción del edificio determinará no solo los materiales empleados sino también los requerimientos normativos objeto de cumplimiento en su caso, sobre todo aquellos relacionados con el aspecto energético del edificio.

Así pues, a partir de todos los inmuebles contemplados en la base de datos, se tomará un modelo representativo con sus parámetros correspondientes, previa clasificación acorde a unos parámetros constructivos y estadísticos. Se realizará una clasificación de todos los inmuebles en base a unos parámetros, de forma que finalmente se obtenga un modelo característico al que le llamaremos Arquetipo Urbano.

Se utilizará un parámetro estadístico (moda), con el fin de establecer el tipo de cubierta, fachada y carpintería, así como el núm. de plantas para definir el Arquetipo correspondiente.

Para el año de construcción y la superficie se ha determinado la media de todos los edificios de la tipología estudiada.

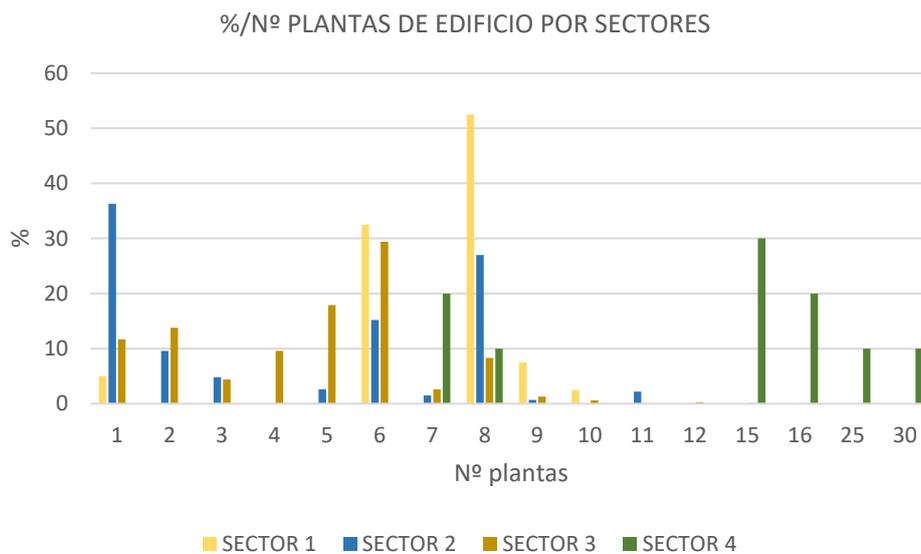
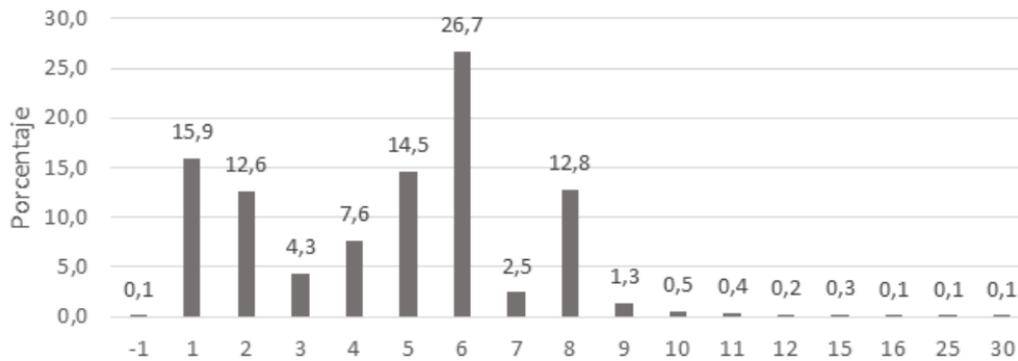
Una vez obtenidas las características más repetidas y el año de construcción medio, se busca el edificio que más se ajuste a los valores y características obtenidos, determinando así el arquetipo.

Finalmente, la información de cada arquetipo será recogida en unas tablas informativas.

3.2.5.2. Análisis del parque edificado

Con respecto al primer parámetro a tener en cuenta en la clasificación, del análisis realizado se obtiene que, la mayor representatividad de las edificaciones se encuentra en el rango de alturas de 1 a 8, Imagen 1.6. Las edificaciones de baja altura (de 1 a 3 plantas) representan a la zona poblacional de origen, las alturas intermedias (desde 4 a 6 plantas) corresponderían a la época de incremento poblacional consecuencia de la alta inmigración, pero con un desarrollo constructivo bajo y deficiente. Finalmente, las edificaciones de gran altura (mayores a 9 plantas)

tienen poca representatividad en el barrio y además corresponden a edificaciones relativamente recientes con aplicación de normativas más restrictivas, que, aunque no están en los valores actuales si se consideran energéticamente más adecuadas o lejos de las condiciones más deficitarias del barrio. Se realiza un análisis de incidencia de tipos de edificios según el número de plantas y al sector al que pertenece, Imagen 3.37.



Por lo tanto, desde el punto de vista volumétrico del edificio (es una clasificación similar a la encontrada en la bibliografía relacionada en estudios similares al que nos ocupa), y el porcentaje representativo del mismo en el barrio, la clasificación consistirá en 3 tipologías, con los epígrafes UF-MF-BA:

- Viviendas Unifamiliares (UF): 1 y 2 plantas
- Viviendas Pluri o Multifamiliares (MF): 3 y 4 plantas
- Edificios de viviendas en altura, Bloques (BA): mayores de 5 plantas

El segundo parámetro significativo para definir los arquetipos será la etapa constructiva al que pertenezca el edificio. El año de construcción determinará su comportamiento energético, como consecuencia de la normativa de aplicación más o menos restrictiva en vigor durante su

construcción. Así pues, se han planteado las siguientes etapas: Pre-1900 - 1901-1936 - 1937-1959 - 1960-1979 - 1980-2006 - 2007-Post. La Imagen 3.38, representa la incidencia del porcentaje de edificios según la etapa constructiva considerada.

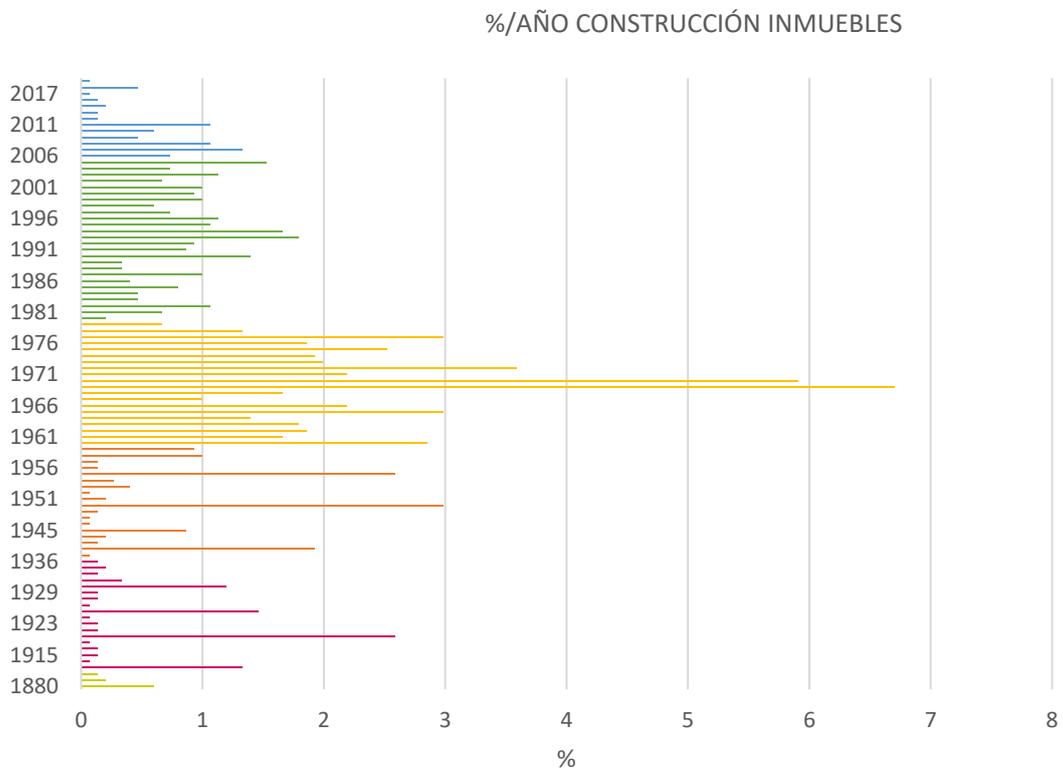
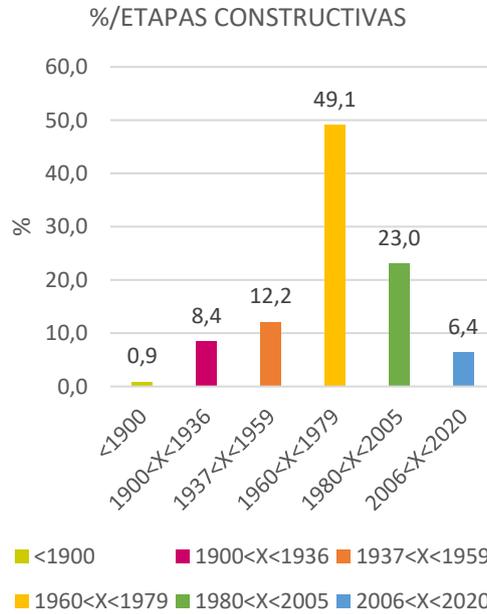


Imagen 3.38 Distribución edificatoria para todas las etapas constructivas. Elaboración propia

Es fácilmente identificable la mayor densidad edificatoria en las etapas previas anteriores a la incorporación de la normativa de obligado cumplimiento sobre las Condiciones Térmicas en los Edificios, NBE-CT79.

Tras el estudio de la sectorización del barrio, de la clasificación en tres tipologías de edificios consideradas y las seis etapas constructivas, se concluye en 15 Arquetipos Urbanos que representarán a los aproximadamente 1500 edificios que incluye el Barrio. Los 15 AU nos servirán de modelo de estudio a la hora de plantear las estrategias y escenarios de mejora de la sostenibilidad del barrio.

Como resultado del cruce de ambos factores resulta en una distribución tipológica de 7 tipologías Unifamiliares (UF), 4 Multifamiliares (MF) y 4 tipologías Bloques de Apartamento (BA), según se muestra en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1 Distribución arquetipos urbanos según etapa constructiva/alturas edificadas. Elaboración propia

		ALTURAS EDIFICADAS									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	>10
ETAPA CONSTRUCTIVA	<1900	UF-T1									
	1901-1936	UF-T2	UF-T3								
	1937-1959	UF-T4		MF-T5		BA-T6					
	1960-1979	UF-T7		MF-T8		BA-T9					
	1980-2006	UF-T10		MF-T11		BA-T12					
	2007-2021	UF-T13		MF-T14		BA-T15					

Descripción Arquetipos Urbanos

A continuación, se mostrarán unas tablas resumen descriptivas con los datos más relevantes para cada uno de los Arquetipos Urbanos resultantes.

UF_T1_PRE1900

Este Arquetipo Urbano responde a una edificación del tipo Unifamiliar, de una y dos plantas, construida en una etapa Pre-1900. Se trata de las tipologías más antiguas existentes del barrio. Se contabilizan 32 edificios. Los encontramos principalmente en el Sector 3.

UF_T2_01-36

Este Arquetipo Urbano responde también a un tipo unifamiliar de una planta construidos en la etapa 1901-36. Se contabilizan 50 inmuebles. Los encontramos principalmente en el Sector 3. En la Imagen 3.39, se muestran las fichas descriptivas de los arquetipos.

UF_T1_PRE1900			
			
REF. CATASTRAL	4348921YJ2744G0001ST	SUPERFICIES	
ZONA CLIMÁTICA	B3	m ² PARCELA	296 m ²
EDIFICIO TIPO	T1	m ² CONSTRUIDOS	253 m ²
ETAPA CONSTRUCTIVA	PRE 1900	m ² CUBIERTA	126 m ²
CLASE + Nº PLANTAS	UNIFAMILIAR/ P.BAJA+1	m ² FACHADA PRINCIPAL	79,73m ²
Nº VIVIENDAS	1	m FACHADA PRINCIPAL	11,97 m
USO P.BAJA	RESIDENCIAL	m ² FACHADA POSTERIOR	81,07 m ²
ENVOLVENTE Y FORJADOS		m ² FACHADA IZQUIERDA	69,68 m ²
CUBIERTA	Cubierta ventilada inclinada con estructura de madera	m ² MEDIANERA DERECHA	67 m ²
FACHADA	ENFOSCADO	OTROS	
FORJADO	Forjado de vigas de madera y revoltón	VOLUMEN	824,1 m ³
CERRAMIENTO	Muro de carga de mampostería	% HUECOS	22,57%
CARPINTERÍA	MADERA	COMPACIDAD	1,94 m ³ /m ²

UF_T2_00-36			
			
REF. CATASTRAL	4348917YJ2744G0001ET	SUPERFICIES	
ZONA CLIMÁTICA	B3	M2 PARCELA	150 m ²
EDIFICIO TIPO	T2	M2 CONSTRUIDOS	106 m ²
ETAPA CONSTRUCTIVA	1900-1936	M2 CUBIERTA	100 m ²
CLASE + Nº PLANTAS	UNIFAMILIAR/ P.BAJA	M2 FACHADA PRINCIPAL	21,4 m ²
Nº VIVIENDAS	1	M FACHADA PRINCIPAL	6,8 m
USO P.BAJA	RESIDENCIAL	M2 FACHADA POSTERIOR	21,4 m ²
ENVOLVENTE Y FORJADOS		M2 MEDIANERA IZQUIERDA	58,58 m ²
CUBIERTA	Cubierta inclinada con estructura de madera	M2 MEDIANERA DERECHA	59,36 m ²
FACHADA	ENFOSCADO	OTROS	
FORJADO	No hay	VOLUMEN	389,56 m ³
CERRAMIENTO	Muro de carga de ladrillo revestido	% HUECOS	18,64%
CARPINTERÍA	MADERA	COMPACIDAD	1,49 m ³ /m ²

Imagen 3.39 Datos Arquetipo Urbano UF-T1 y UF-T2. Elaboración propia

UF_T3_01-36

Este Arquetipo Urbano responde a un tipo unifamiliar de dos plantas, construidos en la etapa 1901-36. Se contabilizan 49 inmuebles. Los encontramos principalmente en el Sector tres.

UF_T4_37-59

Este Arquetipo Urbano responde a un tipo unifamiliar de dos plantas, construidos en la etapa 1937-59. Se contabilizan 78 inmuebles. Los encontramos principalmente en el Sector 3. En la Imagen 3.40, se muestran las fichas descriptivas de los arquetipos.

UF_T3_01-36			
			
REF. CATASTRAL	4351708YJ2745A0001PF	SUPERFICIES	
ZONA CLIMÁTICA	B3	m² PARCELA	181 m²
EDIFICIO TIPO	T3	m² CONSTRUIDOS	274 m²
ETAPA CONSTRUCTIVA	1900-1936	m² CUBIERTA	117 m²
CLASE + Nº PLANTAS	UNIFAMILIAR/ P.BAJA+1	m² FACHADA PRINCIPAL	53,6 m²
Nº VIVIENDAS	1	m FACHADA PRINCIPAL	8,06m
USO P.BAJA	RESIDENCIAL	m² FACHADA POSTERIOR	53,6 m²
ENVOLVENTE Y FORJADOS		m² MEDIANERA IZQUIERDA	97,8 m²
CUBIERTA	Cubierta inclinada con estructura de madera	m² MEDIANERA DERECHA	97,8 m²
FACHADA	ENFOSCADO	OTROS	
FORJADO	Forjado de vigas de madera y revoltón cerámico	VOLUMEN	783,4 m³
CERRAMIENTO	Muro de carga ladrillo macizo revestido	% HUECOS	28,83%
CARPINTERÍA	MADERA	COMPACIDAD	2,59 m³/m²

UF_T4_37-59			
			
REF. CATASTRAL	4049714YJ2744G	SUPERFICIES	
ZONA CLIMÁTICA	B3	m² PARCELA	201 m²
EDIFICIO TIPO	T4	m² CONSTRUIDOS	273 m²
ETAPA CONSTRUCTIVA	1937- 1959	m² CUBIERTA	105 m²
CLASE + Nº PLANTAS	UNIFAMILIAR/ P.BAJA+1	m² FACHADA PRINCIPAL	64,32 m²
Nº VIVIENDAS	1	m FACHADA PRINCIPAL	9,6 m
USO P.BAJA	RESIDENCIAL	m² FACHADA POSTERIOR	64,32 m³
ENVOLVENTE Y FORJADOS		m² MEDIANERA IZQUIERDA	74,70 m²
CUBIERTA	Cubierta inclinada con estructura de madera	m² MEDIANERA DERECHA	74,70 m³
FACHADA	ENFOSCADO	OTROS	
FORJADO	Forjado de vigueta de madera y revoltón cerámico	VOLUMEN	703,5 m³
CERRAMIENTO	Muro de carga de ladrillo revestido	% HUECOS	32,19%
CARPINTERÍA	MADERA	COMPACIDAD	1,83 m³/m²

Imagen 3.40 Datos Arquetipo Urbano UF-T3 y UF-T4. Elaboración propia

MF_T5_37-59

Este Arquetipo Urbano responde a un tipo pluri o multifamiliar de tres y cuatro alturas, construidos en la etapa 1937-59. Se contabilizan 78 inmuebles. Los encontramos principalmente en el Sector 3.

BA_T6_37-59

Este Arquetipo Urbano responde a un tipo pluri o multifamiliar de cinco o más alturas, construidos en la etapa 1937-59. Se contabilizan 28 inmuebles. Los encontramos principalmente en el Sector 3. En la Imagen 3.41, se muestran las fichas descriptivas de los arquetipos.

MF_T5_37-59			
			
REF. CATASTRAL	4746818YJ2744F	SUPERFICIES	
ZONA CLIMÁTICA	B3	m ² PARCELA	331 m ²
EDIFICIO TIPO	T5	m ² CONSTRUIDOS	896 m ²
ETAPA CONSTRUCTIVA	1937-1959	m ² CUBIERTA	276 m ²
CLASE + N° PLANTAS	MULTIFAMILIAR/ P.BAJA+3	m ² FACHADA PRINCIPAL	180,3 m ²
N° VIVIENDAS	8	m FACHADA PRINCIPAL	14,8 m
USO P.BAJA	RESIDENCIAL	m ² FACHADA POSTERIOR	189,9 m ²
ENVOLVENTE Y FORJADOS		m ² MEDIANERA IZQUIERDA	217,1 m ²
CUBIERTA	Cubierta ventilada inclinada con estructura de madera.	m ² MEDIANERA DERECHA	190,4 m ²
FACHADA	ENFOSCADO	OTROS	
FORJADO	Forjado unidireccional viguetas pretensadas	VOLUMEN	4071,3 m ³
CERRAMIENTO	Muro de ladrillo revestido	% HUECOS	15,78%
CARPINTERÍA	MADERA	COMPACIDAD	3,86 m ³ /m ²

BA_T6_37-59			
			
REF. CATASTRAL	5146207YJ2754E	SUPERFICIES	
ZONA CLIMÁTICA	B3	m ² PARCELA	237 m ²
EDIFICIO TIPO	T6	m ² CONSTRUIDOS	843 m ²
ETAPA CONSTRUCTIVA	1937-1959	m ² CUBIERTA	202,36 m ²
CLASE + N° PLANTAS	BLOQUE APARTAMENTOS/ P.BAJA+4	m ² FACHADA PRINCIPAL	181,2 m ²
N° VIVIENDAS	10	m FACHADA PRINCIPAL	12,01m
USO P.BAJA	COMERCIAL	m ² FACHADA POSTERIOR	147,6 m ²
ENVOLVENTE Y FORJADOS		m ² MEDIANERA IZQUIERDA	300,2 m ²
CUBIERTA	Cubierta inclinada ventilada sobre murete de ladrillo y tablero cerámico	m ² MEDIANERA DERECHA	300,2 m ²
FACHADA	ENFOSCADO + CARA VISTA	OTROS	
FORJADO	Forjado unidireccional de hormigón armado	VOLUMEN	3583,5 m ³
CERRAMIENTO	Muro de ladrillo revestido	% HUECOS	16,60%
CARPINTERÍA	MADERA	COMPACIDAD	3,17 m ³ /m ²

Imagen 3.41 Datos Arquetipo Urbano UF-T5y UF-T6. Elaboración propia

UT_T7_60-79

Este Arquetipo Urbano responde a un tipo unifamiliar de una y dos alturas, construidos en la etapa 1960-79. Se contabilizan 137 inmuebles. Los encontramos principalmente en los sectores 2 y 3.

MF_T8_60-79

Este Arquetipo Urbano responde a un tipo pluri o multifamiliar de tres y cuatro alturas, construidos en la etapa 1960-79. Se contabilizan 54 inmuebles. Los encontramos principalmente en el Sector tres. En la Imagen 3.42, se muestran las fichas descriptivas de los arquetipos.

UF_T7_60-79			
			
REF. CATASTRAL	3951211YJ2735B	SUPERFICIES	
ZONA CLIMÁTICA	B3	m ² PARCELA	157 m ²
EDIFICIO TIPO	T7	m ² CONSTRUIDOS	203 m ²
ETAPA CONSTRUCTIVA	1960-1979	m ² CUBIERTA	76 m ²
CLASE + N° PLANTAS	UNIFAMILIAR/ P.BAJA+1	m ² FACHADA PRINCIPAL	48,24 m ²
N° VIVIENDAS	1	m FACHADA PRINCIPAL	7,3 m
USO P.BAJA	RESIDENCIAL	m ² FACHADA POSTERIOR	48,24 m ²
ENVOLVENTE Y FORJADOS		m ² MEDIANERA IZQUIERDA	80,4 m ²
CUBIERTA	Cubierta plana sobre forjado unidireccional de hormigón	m ² MEDIANERA DERECHA	80,4 m ²
FACHADA	ENFOSCADO	OTROS	
FORJADO	Forjado unidireccional viguetas pretensadas	VOLUMEN	569,8 m ³
CERRAMIENTO	Muro capuchino ladrillo y cámara de aire	% HUECOS	21,83%
CARPINTERÍA	MADERA	COMPACIDAD	1,94 m ³ /m ²

MF_T8_60_79			
			
REF. CATASTRAL	4342401YJ2744C	SUPERFICIES	
ZONA CLIMÁTICA	B3	m ² PARCELA	279 m ²
EDIFICIO TIPO	T8	m ² CONSTRUIDOS	1189 m ²
ETAPA CONSTRUCTIVA	1960-1979	m ² CUBIERTA	279 m ²
CLASE + N° PLANTAS	MULTIFAMILIAR/ P.BAJA+3	m ² FACHADA PRINCIPAL	233,1 m ²
N° VIVIENDAS	12	m FACHADA PRINCIPAL	15,50 m
USO P.BAJA	COMERCIAL	m ² FACHADA POSTERIOR	233,1 m ²
ENVOLVENTE Y FORJADOS		m ² MEDIANERA IZQUIERDA	275,7m ²
CUBIERTA	Cubierta plana ventilada sobre forjado unidireccional de hormigón	m ² FACHADA DERECHA	275,7 m ²
FACHADA	ENFOSCADO + APLACADO	OTROS	
FORJADO	Forjado unidireccional de hormigón	VOLUMEN	4611,9 m ³
CERRAMIENTO	Muro capuchino, ladrillo y cámara de aire	% HUECOS	38,0%
CARPINTERÍA	ALUMINIO	COMPACIDAD	3,56m ³ /m ²

Imagen 3.42 Datos Arquetipo Urbano UF-T7y UF-T8. Elaboración propia

BA_T9_60-79

Este Arquetipo Urbano responde a un edificio de 5 o más plantas, construido en la etapa 60-79. Se contabilizan 557 inmuebles. Los encontramos principalmente en los Sectores 2 y 3.

UF_T10_80-06

Este Arquetipo Urbano responde a un edificio unifamiliar de una y dos alturas, ejecutado en la etapa 1980-2006. Se contabilizan 62 inmuebles. Los encontramos en los Sectores 1, 2 y 3. En la Imagen 3.43, se muestran las fichas descriptivas de los arquetipos.

BA T9 60 79			
			
REF. CATASTRAL	4252701YJ2745A	SUPERFICIES	
ZONA CLIMÁTICA	B3	m ² PARCELA	562 m ²
EDIFICIO TIPO	T9	m ² CONSTRUIDOS	3372 m ²
ETAPA CONSTRUCTIVA	1960-1979	m ² CUBIERTA	562 m ²
CLASE + N° PLANTAS	BLOQUE APARTAMENTOS/ P.BAJA+5	m ² FACHADA PRINCIPAL	375,9 m ²
N° VIVIENDAS	22	m FACHADA PRINCIPAL	28,1 m
USO P.BAJA	COMERCIAL	m ² FACHADA POSTERIOR	375,9 m ²
ENVOLVENTE Y FORJADOS		m ² MED. IZQUIERDA	511,9 m ²
CUBIERTA	Cubierta plana, forjado unidireccional viguetas pretensadas	m ² FACHADA DERECHA	511,9 m ²
FACHADA	ENFOSCADO/C.VISTA	OTROS	
FORJADO	Forjado unidireccional viguetas pretensadas	VOLUMEN	11064,5 m ³
CERRAMIENTO	Muro capuchino, ladrillo y cámara de aire	% HUECOS	20,0%
CARPINTERÍA	ALUMINIO	COMPACIDAD	4,73m ³ /m ²

UF T10 80 06			
			
REF. CATASTRAL	4148503YJ2744G	SUPERFICIES	
ZONA CLIMÁTICA	B3	m ² PARCELA	143 m ²
EDIFICIO TIPO	T10	m ² CONSTRUIDOS	183 m ²
ETAPA CONSTRUCTIVA	1980-2006	m ² CUBIERTA	97 m ²
CLASE + N° PLANTAS	UNIFAMILIAR/ P.BAJA+1	m ² FACHADA PRINCIPAL	49,6 m ²
N° VIVIENDAS	2	m FACHADA PRINCIPAL	7,50 m
USO P.BAJA	RESIDENCIAL	m ² FACHADA POSTERIOR	69,8 m ²
ENVOLVENTE Y FORJADOS		m ² MEDIANERA IZQUIERDA	70,3 m ²
CUBIERTA	Cubierta plana, forjado unidireccional viguetas pretensadas	m ² MEDIANERA DERECHA	96,5 m ²
FACHADA	ENFOSCADO	OTROS	
FORJADO	FORJADO UNIDIRECCIONAL VIGUETA PRETENSADA	VOLUMEN	607 m ³
CERRAMIENTO	Muro con cámara de aire con una hoja de ladrillo con aislamiento térmico en el interior	% HUECOS	39,2%
CARPINTERÍA	ALUMINIO	COMPACIDAD	1,58m ³ /m ²

Imagen 3.43 Datos Arquetipo Urbano UF-T9y UF-T10. Elaboración propia

MF_T11_80-06

Este Arquetipo Urbano responde a un edificio plurifamiliar en altura de entre tres y cuatro plantas, construido en la etapa 80-2006. Se contabilizan 29 inmuebles. Los encontramos principalmente en los Sectores dos y tres. Imagen 3.

BA_T12_80-06

Este Arquetipo responde a un edificio plurifamiliar en altura de más de 5 plantas, construido en la etapa 80-2006. Se contabilizan 276 inmuebles. En la Imagen 3.44, se muestran las fichas descriptivas de los arquetipos.

MF_T11_80_06			
			
REF. CATASTRAL	3950616YJ2734H	SUPERFICIES	
ZONA CLIMÁTICA	B3	m ² PARCELA	169 m ²
EDIFICIO TIPO	T11	m ² CONSTRUIDOS	604 m ²
ETAPA CONSTRUCTIVA	1980-2006	m ² CUBIERTA	169 m ²
CLASE + Nº PLANTAS	MULTIFAMILIAR/ P.BAJA+2	m ² FACHADA PRINCIPAL	239,4 m ²
Nº VIVIENDAS	6	m FACHADA PRINCIPAL	25,25 m
USO P.BAJA	RESIDENCIAL	m ² FACHADA POSTERIOR	239,4 m ³
ENVOLVENTE Y FORJADOS		m ² MEDIANERA IZQUIERDA	65,6 m ²
CUBIERTA	Cubierta plana ventilada, forjado unidireccional	m ² FACHADA DERECHA	65,6 m ³
FACHADA	CARA VISTA	OTROS	
FORJADO	Forjado unidireccional vigueta pretensada.	VOLUMEN	1065,5 m ³
CERRAMIENTO	Muro con cámara de aire con una hoja de ladrillo con aislamiento térmico en el interior	% HUECOS	54,1%
CARPINTERÍA	ALUMINIO	COMPACIDAD	1,75m ³ /m ²

BA T12 80 06			
			
REF. CATASTRAL	5250601YJ2755A	SUPERFICIES	
ZONA CLIMÁTICA	B3	m ² PARCELA	774 m ²
EDIFICIO TIPO	T12	m ² CONSTRUIDOS	4644 m ²
ETAPA CONSTRUCTIVA	1980-2006	m ² CUBIERTA	774 m ²
CLASE + Nº PLANTAS	BLOQUE APARTAMENTOS/ -2+PB+5	m ² FACHADA PRINCIPAL	572,8 m ²
Nº VIVIENDAS	27	m FACHADA PRINCIPAL	32,15 m
USO P.BAJA	COMERCIAL	m ² FACHADA POSTERIOR	877,2 m ³
ENVOLVENTE Y FORJADOS		m ² FACHADA IZQUIERDA	429,6 m ²
CUBIERTA	Cubierta plana, forjado unidireccional viguetas pretensadas	m ² MEDIANERA DERECHA	248,4 m ³
FACHADA	CARA VISTA	OTROS	
FORJADO	FORJADO UNIDIRECCIONAL VIGUETA PRETENSADA	VOLUMEN	14610,3 m ³
CERRAMIENTO	Muro con cámara de aire con una hoja de ladrillo con aislamiento térmico en el interior	% HUECOS	49,1%
CARPINTERÍA	ALUMINIO	COMPACIDAD	5,03m ³ /m ²

Imagen 3.44 Datos Arquetipo Urbano UF-T11y UF-T12. Elaboración propia

UF_T13_07-Post

Este Arquetipo Urbano responde a un edificio unifamiliar de una y dos alturas, construido en la etapa 07-Post. Se contabilizan 16 inmuebles. Encontramos inmuebles en los sectores 1, 2 y 3.

MF_T14_07-Post

Este Arquetipo Urbano responde a un edificio plurifamiliar en altura de más de tres y cuatro plantas, construido en la etapa 07-Post. Se contabilizan 5 inmuebles en el Sector 3.2.1. En la Imagen 3.45, se muestran las fichas descriptivas de los arquetipos.

UF_T13_07_20			
			
REF. CATASTRAL	4351713YJ2745A0001TF	SUPERFICIES	
ZONA CLIMÁTICA	B3	m² PARCELA	215 m²
EDIFICIO TIPO	T13	m² CONSTRUIDOS	230 m²
ETAPA CONSTRUCTIVA	2007-2020	m² CUBIERTA	130 m²
CLASE + Nº PLANTAS	UNIFAMILIAR/ P.BAJA+1	m² FACHADA PRINCIPAL	63 m²
Nº VIVIENDAS	1	m FACHADA PRINCIPAL	9,30 m
USO P.BAJA	RESIDENCIAL	m² FACHADA POSTERIOR	73,73 m³
ENVOLVENTE Y FORJADOS		m² MEDIANERA IZQUIERDA	94 m²
CUBIERTA	Tejado	m² MEDIANERA DERECHA	94 m²
FACHADA	CARA VISTA	OTROS	
FORJADO	FORJADO UNIDIRECCIONAL VIGUETA PRETENSADA	VOLUMEN	746,2 m³
CERRAMIENTO	Muro con cámara de aire con una hoja de ladrillo con aislamiento térmico en el interior	% HUECOS	39,2%
CARPINTERÍA	ALUMINIO	COMPACIDAD	1,64 m³/m²

MF_T14_07_20			
			
REF. CATASTRAL	4247712YJ2744E	SUPERFICIES	
ZONA CLIMÁTICA	B3	m² PARCELA	105 m²
EDIFICIO TIPO	T14	m² CONSTRUIDOS	441 m²
ETAPA CONSTRUCTIVA	2007-2020	m² CUBIERTA	105 m²
CLASE + Nº PLANTAS	MULTIFAMILIAR/ P.BAJA+2	m² FACHADA PRINCIPAL	105,45 m²
Nº VIVIENDAS	2	m FACHADA PRINCIPAL	11,05 m
USO PLANTA BAJA	RESIDENCIAL	m² FACHADA POSTERIOR	172,7 m³
ENVOLVENTE Y FORJADOS		m² MEDIANERA IZQUIERDA	83,5 m²
CUBIERTA	Cubierta plana, forjado unidireccional viguetas pretensadas	m² MEDIANERA DERECHA	93,9 m³
FACHADA	APLACADO	OTROS	
FORJADO	FORJADO UNIDIRECCIONAL VIGUETA PRETENSADA	VOLUMEN	789,1 m³
CERRAMIENTO	Muro con cámara de aire con una hoja de ladrillo con aislamiento térmico en el interior	% HUECOS	50,2%
CARPINTERÍA	ALUMINIO	COMPACIDAD	1,41m³/m²

Imagen 3.45 Datos Arquetipo Urbano UF-T13 y UF-T14. Elaboración propia

BA_T15_07-Post

Este Arquetipo Urbano responde a un edificio plurifamiliar en altura de más de cinco plantas, construido en la etapa 07-Post. Se contabilizan 51 inmuebles. Encontramos inmuebles en todos los sectores. En la Imagen 3.46, se muestran las fichas descriptivas de los arquetipos.

NR_T16_60-79

Corresponden a los edificios No Residenciales, no serán objeto de estudio en el presente trabajo.

BA_T15_07_20			
			
REF. CATASTRAL	3750301YJ2735B	SUPERFICIES	
ZONA CLIMÁTICA	B3	m ² PARCELA	3133 m ²
EDIFICIO TIPO	T1	m ² CONSTRUIDOS	14094 m ²
ETAPA CONSTRUCTIVA	2007-2020	m ² CUBIERTA	2250 m ²
CLASE + N° PLANTAS	BLOQUE APARTAMENTOS/ -2 +P.BAJA+11	m ² FACHADA PRINCIPAL	1392,14 m ²
N° VIVIENDAS	68	m FACHADA PRINCIPAL	74,80 m
USO PLANTA BAJA	COMERCIAL	m ² FACHADA POSTERIOR	1393,8 m ²
ENVOLVENTE Y FORJADOS		m ² FACHADA IZQUIERDA	1749,5 m ²
CUBIERTA	Cubierta plana, forjado unidireccional viguetas pretensadas	m ² FACHADA DERECHA	1672,96 m ³
FACHADA	CARA VISTA	OTROS	
FORJADO	FORJADO UNIDIRECCIONAL VIGUETA PRETENSADA	VOLUMEN	146376,2 m ³
CERRAMIENTO	Muro con cámara de aire con una hoja de ladrillo con aislamiento térmico en el interior	% HUECOS	59,9%
CARPINTERÍA	ALUMINIO	COMPACIDAD	17,31m ³ /m ²

NR_T16_60_79			
			
REF. CATASTRAL	4257701YJ2745E	SUPERFICIES	
ZONA CLIMÁTICA	B3	m ² PARCELA	288 m ²
EDIFICIO TIPO	T16	m ² CONSTRUIDOS	288 m ²
ETAPA CONSTRUCTIVA	1960-1979	m ² CUBIERTA	288 m ²
CLASE + N° PLANTAS	NO RESIDENCIAL/ P.BAJA	m ² FACHADA PRINCIPAL	53,43 m ²
N° VIVIENDAS	0	m FACHADA PRINCIPAL	13,9 m
USO P.BAJA	INDUSTRIAL	m ² FACHADA POSTERIOR	53,43 m ²
ENVOLVENTE Y FORJADOS		m ² MEDIANERA IZQUIERDA	82,1 m ²
CUBIERTA	Cubierta plana ventilada sobre forjado unidireccional de hormigón	m ² MEDIANERA DERECHA	82,1 m ²
FACHADA	ENFOSCADO	OTROS	
FORJADO	Forjado unidireccional de hormigón	VOLUMEN	1123,2 m ³
CERRAMIENTO	Muro capuchino, ladrillo y cámara de aire	% HUECOS	23,60%
CARPINTERÍA	ALUMINIO	COMPACIDAD	2,0 m ³ /m ²

Imagen 3.46 Datos Arquetipo Urbano UF-T15y NR-T16. Elaboración propia

3.2.5.3. Conclusiones

El resultado del análisis de todos los edificios existentes en el barrio de Benicalap ha resultado en 16 Arquetipos Urbanos (AU), de los cuales 15 son de uso residencial y el restante de uso servicios. Así pues, los 15 AU resultantes de uso residencial se utilizarán como modelo para el estudio energético y sobre el que se aplicarán las estrategias de mejora, entendiendo que los resultados que se obtengan sean extrapolables al resto de la población. En total siete de los arquetipos corresponden a viviendas unifamiliares (UF); cuatro arquetipos a viviendas pluri o multifamiliares y cuatro arquetipos a edificios en altura, denominados bloques de apartamentos o viviendas (BA). El correspondiente a No Residencial (NR) no será objeto de estudio en el presente trabajo. Toda esta información ha sido representada mediante QGIS, como muestra la Imagen 3.47.

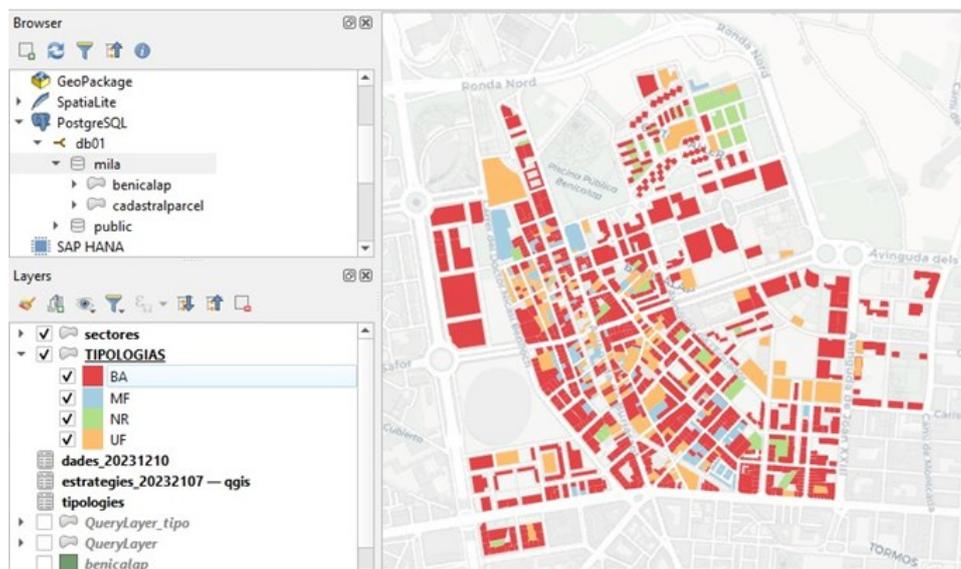


Imagen 3.47 Distribución de las tres 4 tipologías urbanas UF-MF-BA-NR en el barrio Benicalap con el Sistema de Información Geográfica (SIG) QGIS. Elaboración propia

Un 36,5% de los edificios del barrio están representados por el Arquetipo T9, Imagen 3.48, se trata de un edificio en altura, de más de cinco plantas y construido en los años 60, refleja claramente el primer movimiento migratorio y la necesidad de aumentar el parque inmobiliario.

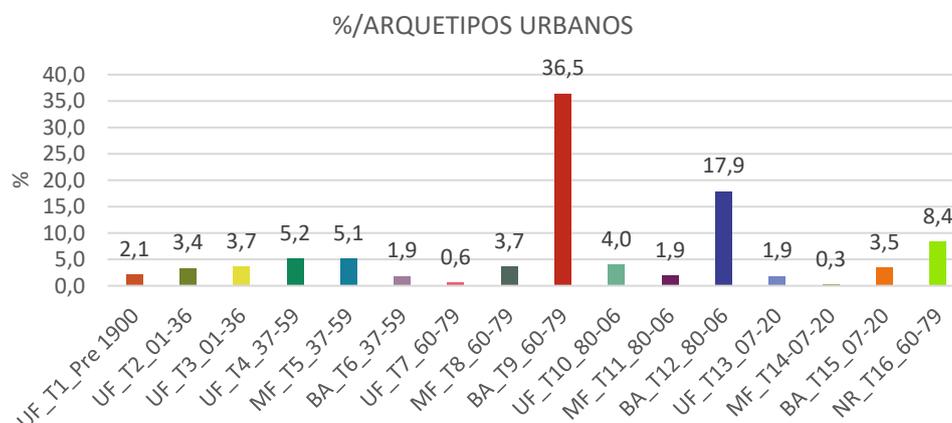


Imagen 3.48 Incidencia de los Arquetipos Urbanos. Elaboración propia

En los años 80 se produjo otro crecimiento urbano, hasta el inicio de la crisis de 2008, representada esta etapa por el Arquetipo Urbano T12 (17,9%), segundo en mayor porcentaje, ambos arquetipos representan más del 50% de la totalidad del entorno urbano.

Podemos concluir que un 62,20% de las edificaciones estarían construidas con una normativa poco restrictiva, un 23,80 % a edificaciones con aplicación de la NBE-CT-79, y un 5.7 % a edificaciones construidas con el CTE. Claramente estamos ante un parque edificado obsoleto y pobre energéticamente hablando. El Arquetipo Urbano NR_T16, corresponde a la edificación No Residencial existente en el barrio, que representaría un 8.4% del total de los edificios. En el estudio realizado se ha observado que los servicios del barrio de Benicalap se encuentran mayoritariamente en el Sector 3, seguido del sector 2. Como ya hemos visto en el análisis, es el sector 3 el de mayor carga de edificios, y por tanto poblacional. Es un sector estratégico que garantiza la mayor accesibilidad por su ubicación más centrada. Por el contrario, Sectores de construcción más reciente como es el Sector 4, no se han detectado servicios públicos, tratándose más de una zona dormitorio del barrio. La incidencia de los AU según la totalidad de los sectores considerados en el estudio del barrio puede verse en la Imagen 3.49.

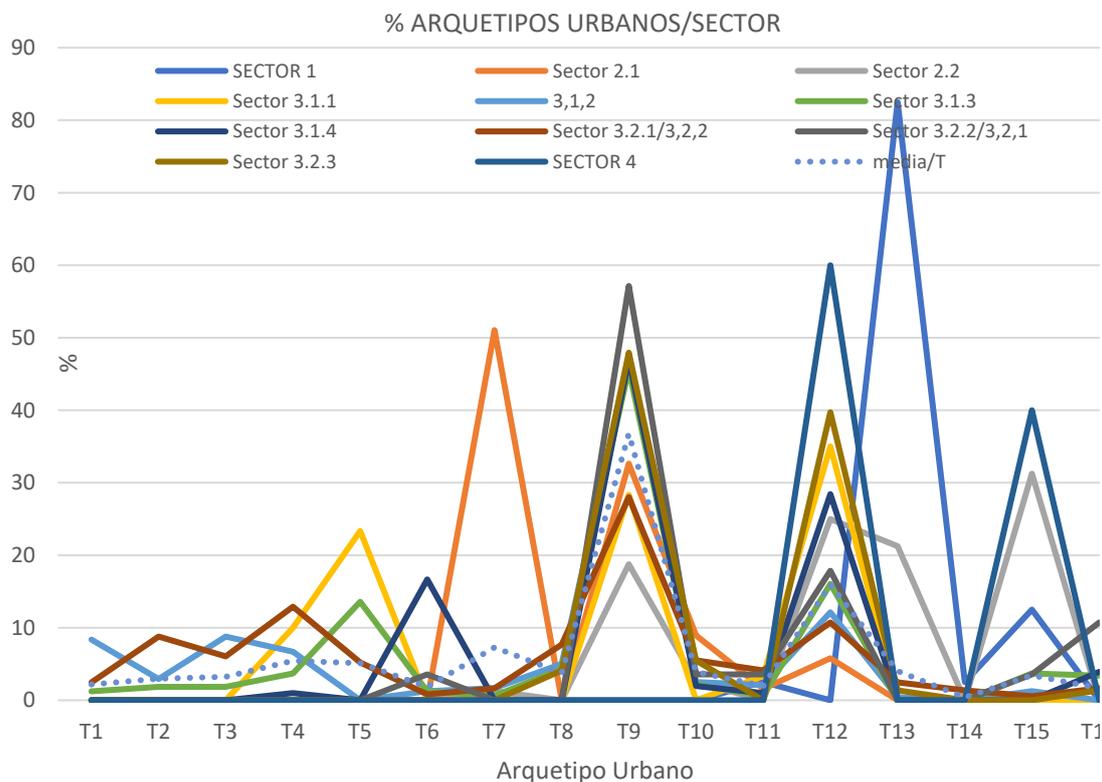


Imagen 3.49 Distribución de los Arquetipos Urbanos por Sectores y Subsectores. Elaboración propia

Dado que la representación gráfica de todos los subsectores juntos genera mucho ruido, en la Imagen 3.50, se muestran solamente aquellos subsectores que se aproximan a la media más representativa de todo el barrio, siendo Sub-S-3.1.2, 3.1.3 y 3.2.1, facilitando el análisis.

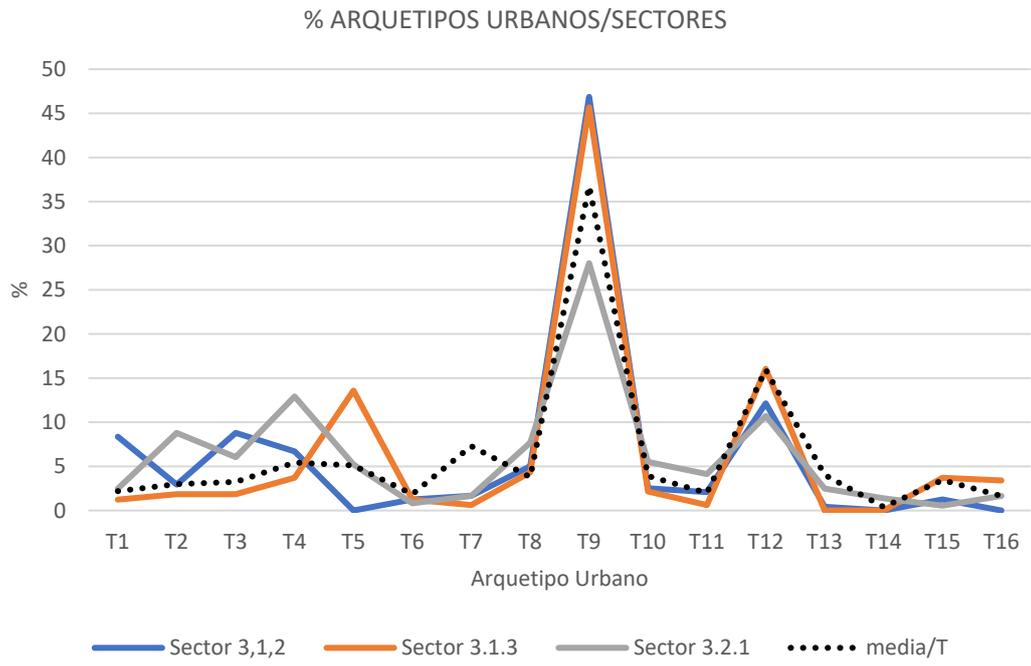


Imagen 3.50 Distribución de los Arquetipos Urbanos por Sectores y Subsectores. Elaboración propia

A continuación, se representa en la Imagen 51, 52, 53, 54, 55 y 56. se realiza la representación de la incidencia de los arquetipos urbanos por sectores y subsectores con la herramienta QGIS, para una mejor visualización de los datos.



Imagen 3.51 Incidencia Arquetipos en Sector 1. Sistema de Información Geográfica (SIG) QGIS. Elaboración propia

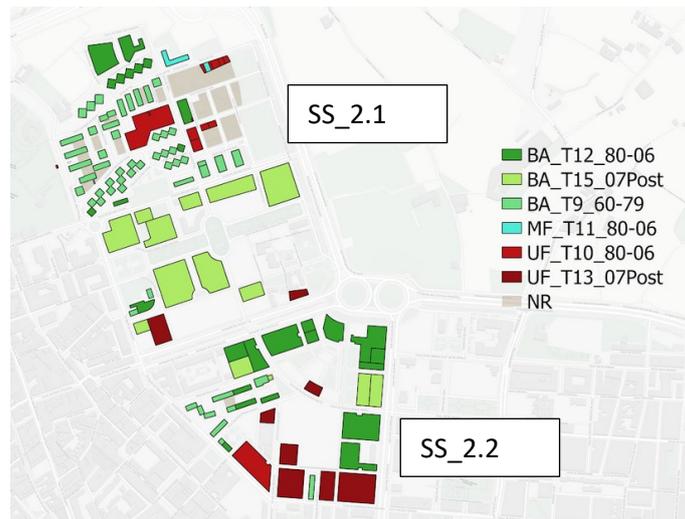


Imagen 3.52 Incidencia Arquetipos en Sector 2. Sistema de Información Geográfica (SIG) QGIS. Elaboración propia

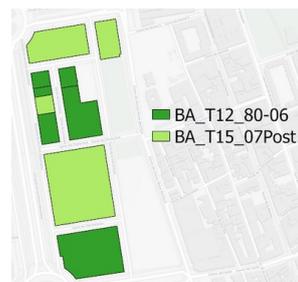


Imagen 3.53 Incidencia Arquetipos en Sector 4 Sistema de Información Geográfica (SIG) QGIS. Elaboración propia

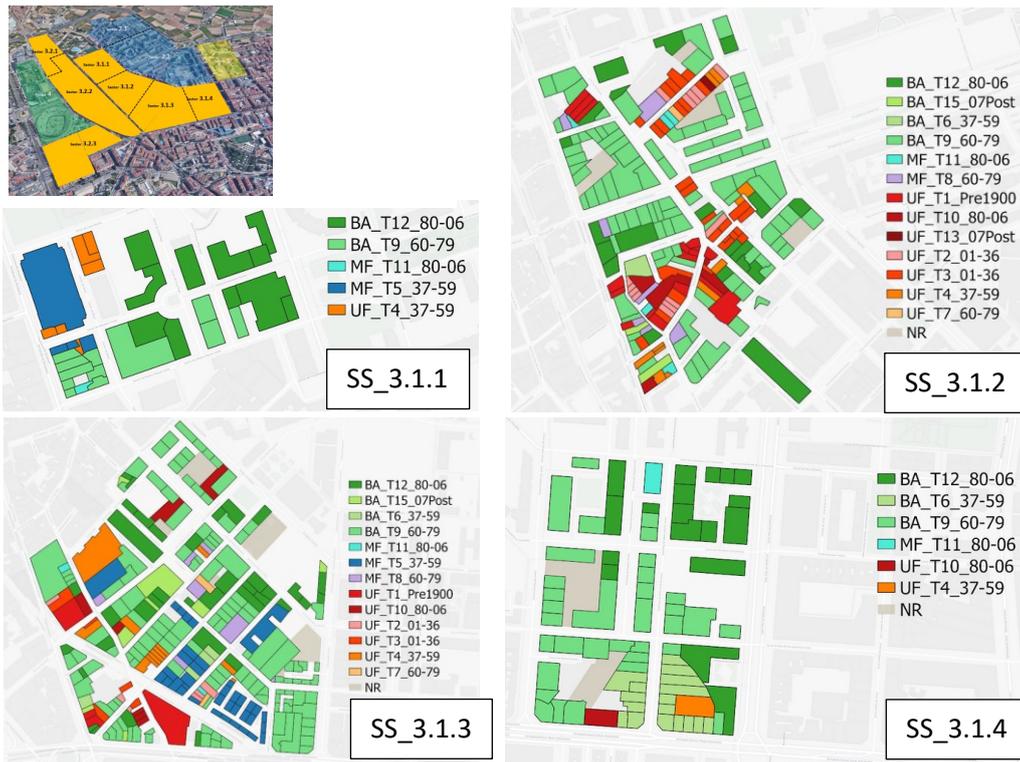


Imagen 3.54 Incidencia Arquetipos en Sector 3.1. Sistema de Información Geográfica (SIG) QGIS. Elaboración propia

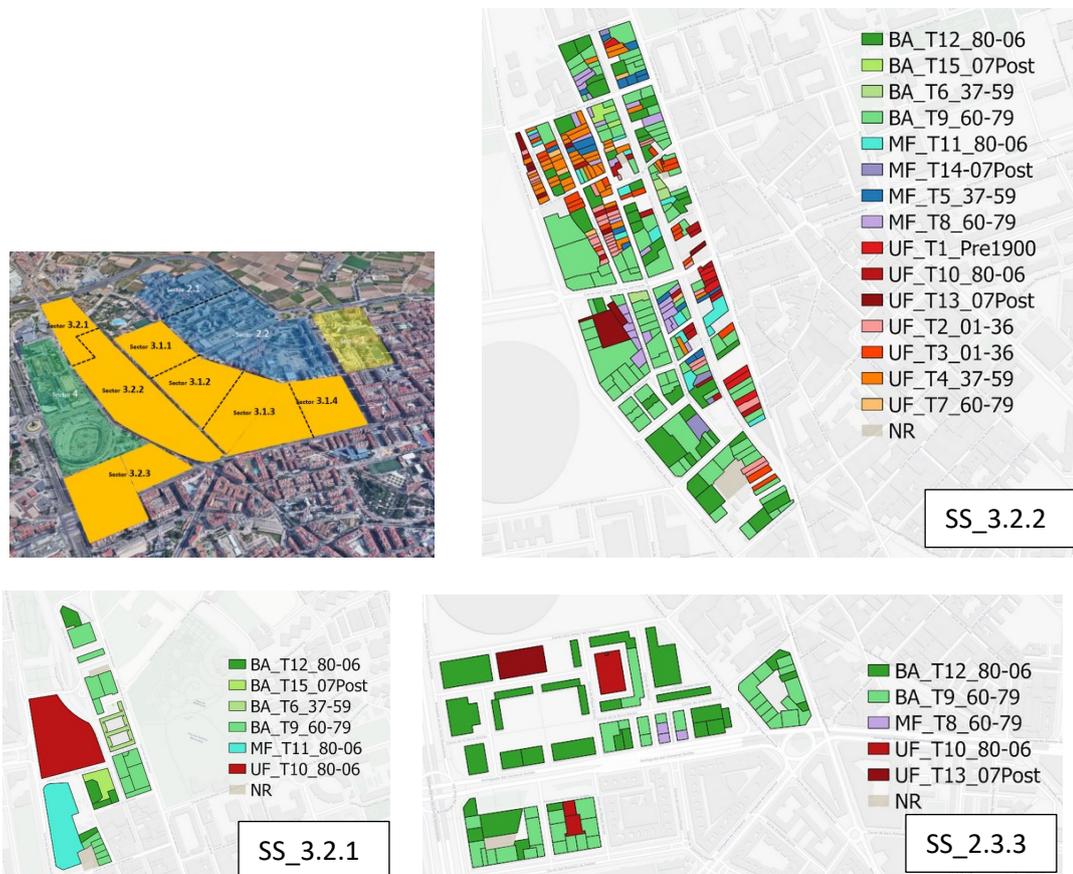


Imagen 3.55 Incidencia Arquetipos en Sector 3.2 Sistema de Información Geográfica (SIG) QGIS. Elaboración propia

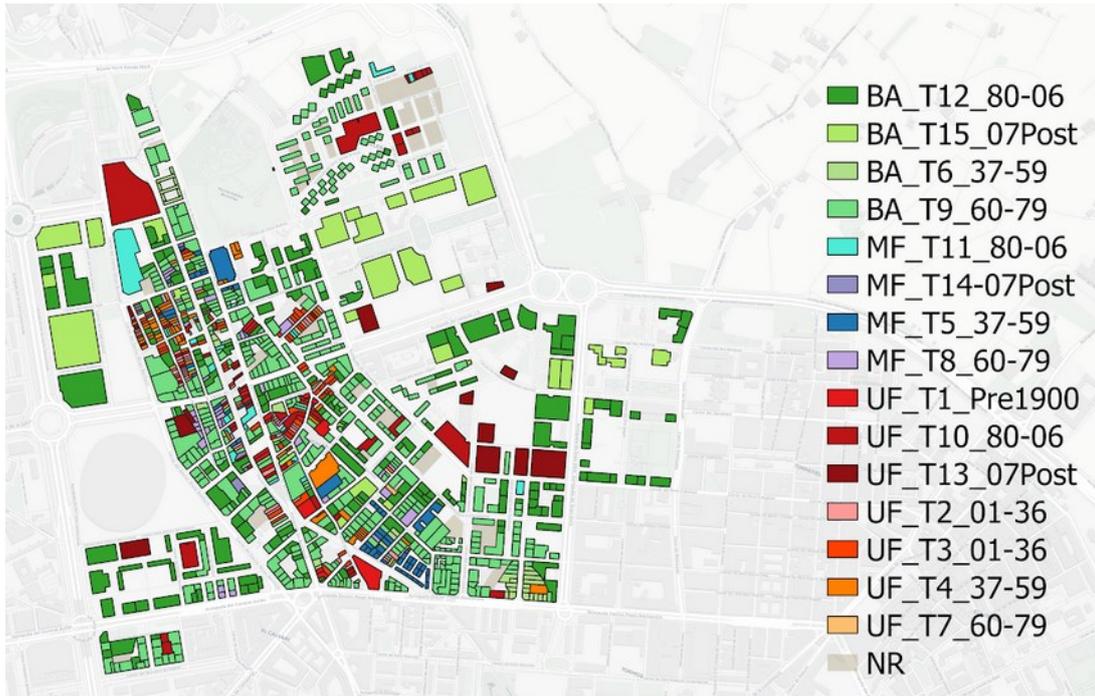


Imagen 3.56 Incidencia de todos los Arquetipo Urbanos. Sistema de Información Geográfica (SIG) QGIS. Elaboración propia

3.3 ESTADO ACTUAL DEL BARRIO.

En el estudio morfológico del barrio ya se ha justificado un análisis tipológico de la edificación, según una sectorización de etapas constructivas, así como también el análisis constructivo que obedece a unos sistemas constructivos específicos del desarrollo tecnológico y normativos más o menos avanzado de la etapa en cuestión, resultado todo ese estudio en unos Arquetipos Urbanos. A partir de estos antecedentes, es necesario hacer un análisis energético de la edificación existente, es decir, a partir del estado actual de la edificación cual es el estado de demanda de energía que requiere el inmueble para alcanzar el confort mínimo según la normativa vigente (CTE). Para ello, el Arquetipo Urbano resultante servirá como modelo para realizar este estudio, conocer el estado actual urbano, así como, posteriormente, para plantear las estrategias adecuadas de mejora.

3.3.1 Introducción. Análisis energético.

El potencial de ahorro en el sector de la edificación son claves para lograr los objetivos de mejora energética y ambiental propuestos por la Unión Europea. Así pues, conseguir un parque edificado más eficiente energéticamente hablando, optimizará la sostenibilidad de las ciudades, a través de una mejora de la calidad de vida de los ciudadanos, y una mejora medioambiental mediante la integración de energías renovables para la reducción de consumos de energía y emisiones de gases nocivos a la atmosfera.

El 14 de marzo de 2023, el Parlamento Europeo aprobó la revisión o enmienda en referencia a la propuesta de la Directiva del Parlamento Europeo del Consejo relativa a la eficiencia energética de los edificios, se concretó su postura en primera lectura acerca de la necesidad de que, los edificios destinados a vivienda deben alcanzar al menos la Clase E en la Calificación Energética, para el año 2030, y la Clase D para el año 2033. Así pues, vemos que, debería plantearse una fase de actuación inmediata, a corto plazo (para el año 2030) para un 26,28% de los edificios (edificios con calificación F, 7,86% y calificación G, 18,42%). Siendo más comprometido el objetivo 2033, que pasaría a un porcentaje de intervención del 89,29% (edificios con calificación E, F y G).

El estado de una edificación, en numerosas ocasiones, es difícil de evaluar dado que a lo largo de su ciclo de vida puede haber sufrido transformaciones que no siempre son evidentes o quedan registradas. Actualmente existen dos mecanismos que permiten conocer el estado real de un edificio, los Informes de Evaluación de los Edificios (IEEE) y los Certificados Energéticos (CEE), pero no por ello todos los edificios disponen del mismo. No obstante, en lo que se refiere a los CEE, según lo establecido en la Ley 1/2022, artículo 40, de 13 de abril, de la Generalitat de Transparencia y Buen Gobierno de la Comunidad Valenciana (CV), esta procede a la publicación en abierto de los datos relativos al registro de los certificados de eficiencia energética de la CV, permitiendo ello hacer una aproximación a la evaluación del estado actual del barrio objeto de estudio.

La certificación energética de los edificios/viviendas es un mecanismo oficial que permite la evaluación y comparación de la eficiencia energética e integración de energías renovables en los edificios. Los Certificados de Eficiencia Energética, proporcionan una información objetiva sobre las características energéticas de los edificios, no siendo de obligado cumplimiento su elaboración, exceptuando en casos de compraventa del inmueble o solicitudes de ayudas, etc

entre otros. Así pues, se procede a realizar un primer análisis para conocer el estado actual del barrio, y haciendo uso de los datos disponible en Registro de Certificación Energética de Edificios-IVACE Energía [121] , y de los datos que constan en el Padrón de Valencia.

Según información del Padrón de Valencia, para el Distrito 16, correspondiente a Benicalap, en fecha 1 de enero 2022 [118], para una población de 47.752 habitantes, el catastro inmobiliario urbano tiene registrados un total de 21.861 de unidades de uso o viviendas distribuidos según año de antigüedad, en la Imagen 3.57, se observa que, el crecimiento inmobiliario ha sido creciente desde el año 1801, desde que hay registros, apreciándose el boom inmobiliario consecuencia de la inmigración acontecida a partir de los años 60. También es apreciable la decadencia de la construcción a partir del año 2011 como consecuencia de la crisis inmobiliaria iniciada en el año 2008.

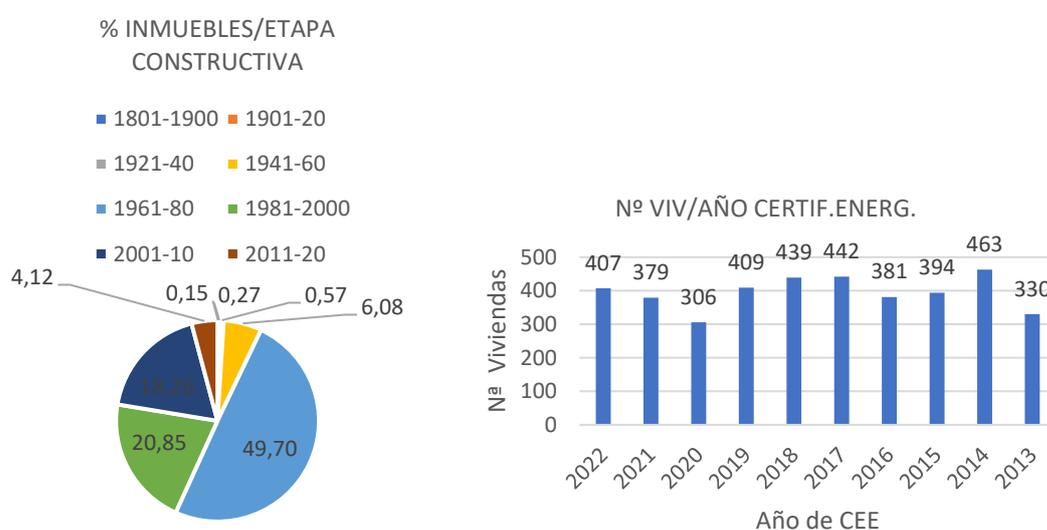


Imagen 3.57 (a) Inmuebles según etapas constructivas. (b) Incidencia de CEE por año.
https://www.valencia.es/estadistica/inf_dtba/2022/Districte_16.pdf. Elaboración propia

Hasta el año 2022, se ha realizado el Certificado de Eficiencia Energética (CEE) a un total de 4.346 unidades, ya sea en viviendas o locales de otros usos, tanto nuevos como existentes. Así pues, la muestra de CEE representaría a casi un 20% (19,88%) de la totalidad de los inmuebles del distrito, afectando alrededor de un 10% (9,10%) de la población. En el portal del Instituto Valenciano de Competitividad Empresarial disponemos de los datos abiertos del registro de los certificados de eficiencia energética de la Comunitat Valenciana realizados desde el año 2013 hasta la fecha. Se extraen los datos correspondientes al código postal del barrio (46025) y se organizan para hacer un análisis de la situación. La Imagen 3.58 y la Imagen 3.59, representan el análisis de los datos, donde se muestran los resultados de consumos y emisiones resultantes de las certificaciones energéticas realizadas. Atendiendo solamente a los CEE correspondientes a unidades residenciales, se observa que, para los valores de consumo de energía primaria no renovable y los de emisiones de CO₂, un porcentaje mayor del 60% tienen una calificación energética en clase E. Las certificaciones energéticas no son a criterio del propietario, sino más bien es una imposición administrativa cuando se trata, por ejemplo, de realizar una compraventa del inmueble. Así pues, suponiendo que este ha sido el motivo mayoritario para

su realización, podemos deducir que el parque edificado se encuentra en pobreza energética en un alto porcentaje.

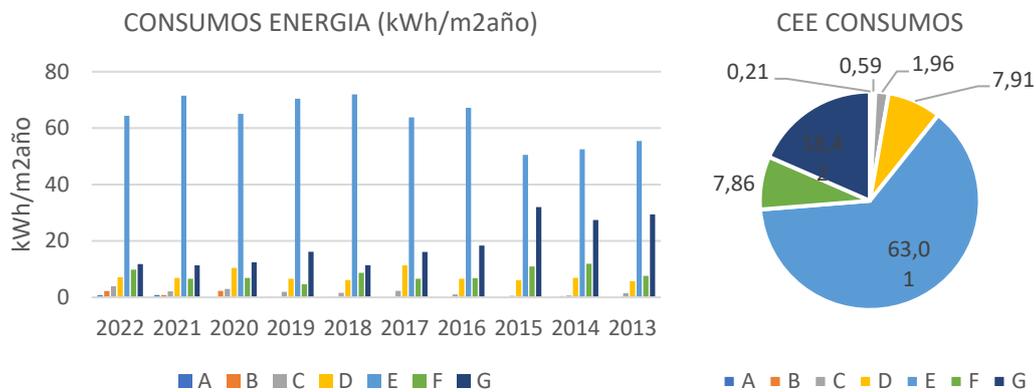


Imagen 3.58 Consumos energéticos Registro de Certificación Energética de Edificios-IVACE Energía. (<https://qceedadesobertes.aven.es/dadesobertes/>). Elaboración propia

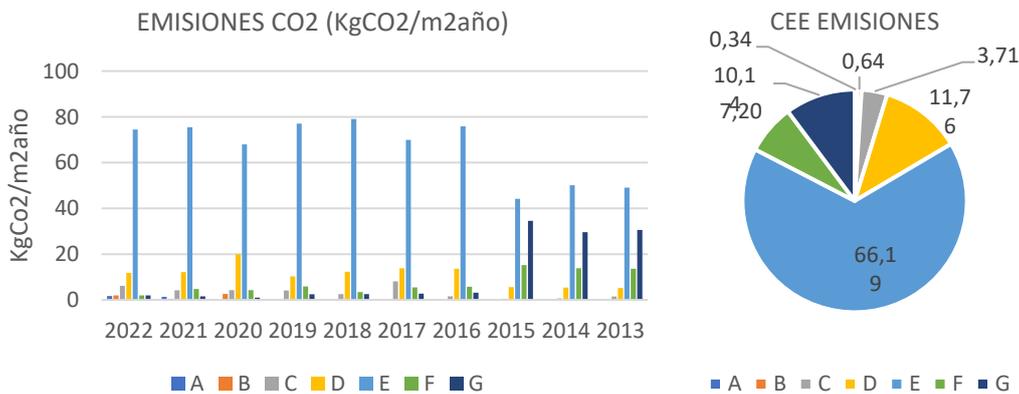


Imagen 3.59 Emisiones CO² Registro de Certificación Energética de Edificios-IVACE Energía. (<https://qceedadesobertes.aven.es/dadesobertes/>). Elaboración propia

A partir de las Certificaciones Energéticas de los Edificios (CEE) realizadas en la Comunitat Valenciana y registradas por el Instituto Valenciano de Competitividad Empresarial (IVACE) [122], el Instituto Cartográfico Valenciano (ICV) [123] ha desarrollado una cartografía que recoge la representación gráfica, de forma que permite identificar visualmente si una vivienda o edificio dispone de la calificación energética. Puede observarse el modo en el que es representado en la Imagen 3.60. Los colores se correlacionan con cada una de las calificaciones, las cuales se identifican mediante letras, desde la A hasta la letra G. La calificación A (representado en color verde oscuro), corresponde a los edificios con valores más bajos de emisiones de CO₂ y de consumos de energía mientras que la calificación G (representado en color rojo), corresponde a

los edificios obsoletos energéticamente hablando y como consecuencia también constructivamente, con elevadas necesidades de renovación.



Imagen 3.60 Visor Cartográfico CEE15 [https://visor.qva.es/visor/\[110\]](https://visor.qva.es/visor/[110]) [111]

Dominan los colores anaranjados en distintos tonos, referencia, los cuales corresponden a los Certificados (CEE) en valores intermedios bajos (Escala de valoración E, F y G) de la escala, siendo los colores verdes (más bien escasos), los correspondientes a bienes inmuebles con mejores condiciones energéticas (Escala de valoración A, B, C y D).

EL visor de cartografía permite obtener la ficha de información correspondiente al inmueble que sea de interés. Por ejemplo, seleccionando el edificio Santa Rosa, uno de los históricos del barrio, nos muestra a cuantas viviendas de este complejo se le ha realizado el CEE, indicando Nº de Registro, Referencia catastral, validez, calificación, consumo de energía (kW/hm²), Emisiones (KgCO₂/m²año), fecha y acceso al expediente, tipo de edificio, dirección y municipio al que pertenece, se muestra la ficha en la Imagen 3.61. Por ejemplo, en este complejo se han realizado 46 CEEs, (con las calificaciones 30E, 11F, 2D, 3G), de un conjunto total del grupo de 130 viviendas distribuidas en 14 escaleras y con una media de 75m² construidos aproximadamente por vivienda. Es decir, aproximadamente un 35% de las viviendas disponen de CEE, estando prácticamente el 100% con una calificación por debajo de la media de la tabla de calificaciones. Así pues, entrando en cada uno de los registros cartográficos y en la referencia catastral correspondiente podría conocerse de forma detallada los valores del CEE del bien inmueble en

caso de haberse realizado. Dado que sería laboriosa esta tarea y por aproximación con los datos expuestos anteriormente se dan como válidas las conclusiones obtenidas previamente.



Imagen 3.61 Visor Cartográfico CEE15

https://visor.qva.es/visor/?capas=spa_icv_indus_certificados_energ%C3%A9ticos [110][111]

Si correlacionamos los datos del Registro de Certificación Energética de Edificios-IVACE Energía, con las etapas constructivas consideradas en el presente trabajo, vemos en la Imagen 3.62 una aproximación energética real del estado actual del barrio. Así pues, podemos observar que, de las etiquetas obtenidas en el año 2022, según consta en la fuente de datos, la calificación energética mayoritaria para todas las etapas es la E. (Consumo entre 122.10-229.6 kWh/m²año y Emisiones entre 28.1-54.9 kgCO₂/m²año), seguida de la G (Consumos mayores a 268.6 kWh/m²año y Emisiones mayores a 64.3 kgCO₂/m²año). Ello equivale a que, de las 26.225 etiquetas obtenidas en este año, un 47,32% (12.412 etiquetas) correspondería a esta calificación. Pero si tenemos en cuenta, la calificación E e inferiores, F y G, estaríamos ante un 88,61% de viviendas con una situación realmente pobre energéticamente hablando, Imagen 3.63.

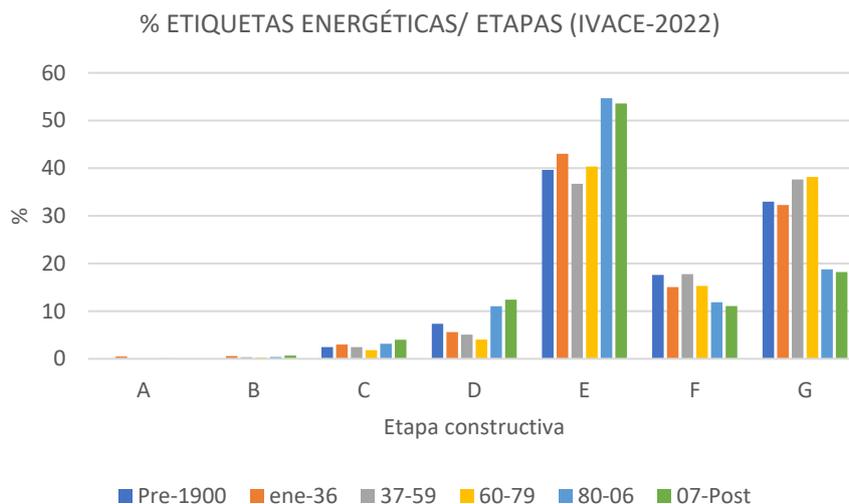


Imagen 3.62 Resultado de la Calificación Energética de viviendas según Etapa constructiva (Registro de Certificación Energética de Edificios-IVACE Energía). *Elaboración propia*

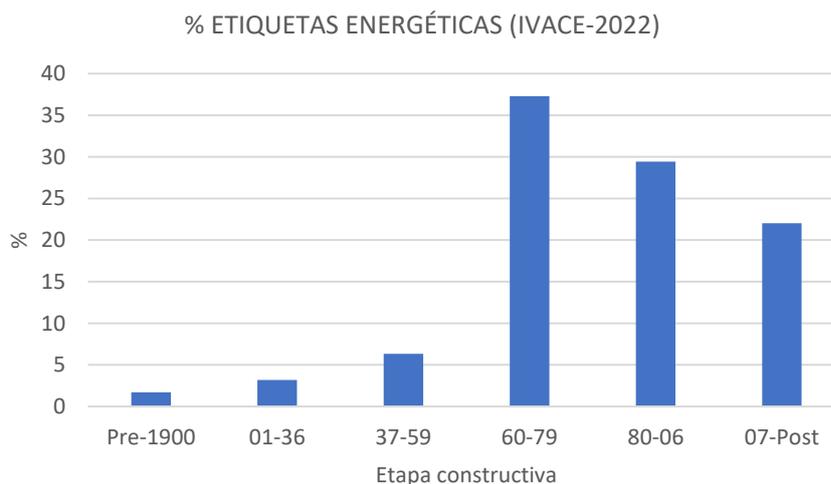


Imagen 3.63 Porcentaje de Calificaciones Energéticas realizadas de viviendas según Etapa constructiva (Registro de Certificación Energética de Edificios-IVACE Energía). *Elaboración propia*

A partir de los datos estadísticos y registrados por las entidades administrativas correspondientes, como se ha visto anteriormente, el parque edificado está obsoleto energéticamente, dados los valores obtenidos en los CEEs realizados hasta el día de hoy. La obsolescencia energética obedece a una construcción realizada con pocos requerimientos normativos, desde un punto de vista del comportamiento térmico del edificio, de manera que se generan muchas pérdidas o ganancias de calor que obligan a utilizar recursos mecánicos de acondicionamiento adicionales, los cuales en la mayoría de los casos corresponden a unas instalaciones poco eficientes que generan grandes consumos energéticos (y altas emisiones CO₂).

3.3.2 Metodología

Este apartado se estructura en dos partes:

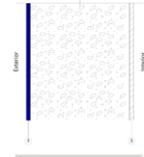
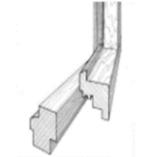
Parte I: Análisis energético de los Arquetipos (3.3.3). Partiendo del estudio constructivo de cada periodo considerado, se ha supuesto un sistema constructivo para cada uno de los 15 Arquetipos Urbanos. Se analizarán los sistemas empleados en la resolución de las distintas partes de la envolvente del edificio, con el objeto de obtener los valores de transmitancias térmicas, valores determinantes a la hora de verificar la mayor o menor eficiencia energética de un elemento constructivo y consecuentemente de un edificio. Los valores resultantes se expondrán comparativamente con los valores límites de transmitancia térmica (U_{lim} (W/m²K)) exigidos por el CTE (en este caso concreto se ha utilizado el valor de la zona climática B). Para la definición de la sección y obtención de los valores de U, de cubierta, fachada y forjados, se ha utilizado el software Cypetherm HE Plus. Para los valores de transmitancia de las carpinterías se han tomado como referencia los valores de la base de datos de Tábula [108] por considerarse de referencia.

Parte II: Estudio de ponderación en la mejora energética de la envolvente (3.3.4). Se plantea el estudio sobre uno de los arquetipos urbanos haciendo un supuesto de aplicación de propuestas de mejora, de forma que conozcamos la repercusión en los valores finales de comportamiento energético, en función de la parte de la envolvente en la que se realice la actuación de mejora

A continuación, los resultados se exponen en una relación de fichas de cada uno de los 15 Arquetipos Urbanos, que contienen una descripción constructiva del elemento de la envolvente (cubierta, fachada, forjado y carpintería). Para cada uno de los elementos se concreta una sección tipo, para visualizar las capas que los componen, con una descripción de los materiales, sus características y dimensiones. Finalmente se obtiene un valor de transmitancia térmica (U_{W/m^2k}) para cada elemento de la envolvente, siendo este el que determinará el comportamiento energético pasivo del edificio en su estado actual.

3.3.3 Análisis energético de la envolvente

- Estudio energético de la envolvente. Tipologías UF_T1 y UF_T2. Imagen 3.64.
- Estudio energético de la envolvente. Tipologías UF_T3 y UF_T4. Imagen 3.65.
- Estudio energético de la envolvente. Tipologías MF_T5 y BA_T6. Imagen 3.66.
- Estudio energético de la envolvente. Tipologías UF_T7 y MF_T8. Imagen 3.67.
- Estudio energético de la envolvente. Tipologías BA_T9 y UF_T10. Imagen 3.68.
- Estudio energético de la envolvente. Tipologías MF_T11 y BA_T12. Imagen 3.69.
- Estudio energético de la envolvente. Tipologías UF_T13 y MF_T14. Imagen 3.70.
- Estudio energético de la envolvente. Tipologías BA_T15. Imagen 3.71.

ESTADO ACTUAL	
<p>CUBIERTA</p> <p>Descripción: Cubierta ventilada inclinada con estructura de madera y teja cerámica sobre tablero de cañizo.</p> <p>Sección:</p>  <p>Capas</p> <ol style="list-style-type: none"> Teja de arcilla cocida: 1.50 cm Yeso de alta dureza 900 <math>d < 1200</math>: 2.00 cm Tablero de cañizo y barro: 1.50 cm <p>Espesor total: 5.00 cm</p> <p>Caracterización térmica</p> <p>Coefficiente de transmisión térmica (refrigeración): 1.30 W/(m²·K)</p> <p>Coefficiente de transmisión térmica (calefacción): 1.43 W/(m²·K)</p> <p>Capacidad térmica: 42857.27 J/m²·K</p> <p>Superficie: 126 m²</p> <p>Uc: 1.43 W/m²·K Uclim: 0,44 W/m²·K</p>	<p>FACHADA</p> <p>Descripción: Muro de carga de mampostería con enfoscado exterior de mortero de cal y enlucido interior de yeso.</p> <p>Sección:</p>  <p>Capas</p> <ol style="list-style-type: none"> Cal, arena: 2.00 cm Piedra sílice, mortero: 50.00 cm Enlucido de yeso 1000 <math>d < 1300</math>: 2.00 cm <p>Espeor total: 54.00 cm</p> <p>Caracterización térmica</p> <p>Transmitancia térmica (S): 1.70 W/(m²·K)</p> <p>Capacidad térmica: 4623.78 J/m²·K</p> <p>Superficie: 230.6 m²</p> <p>Uc: 1.70 W/m²·K Uclim: 0,56 W/m²·K</p>
<p>FORJADO</p> <p>Descripción: Forjado con vigas de madera y revoltón cerámico. Pavimento de baldosas cerámicas</p> <p>Sección:</p>  <p>Capas</p> <ol style="list-style-type: none"> Piqueta o baldosa cerámica: 1.00 cm Mortero de cemento y cal para albañilería y para revoque/enlucido 1000 <math>d < 1250</math>: 2.00 cm Hormigón en masa 2000 <math>d < 2300</math>: 7.00 cm 1/2 pie LM metálico o catalán 40 mm: 5 <math>5 < 50</math> mm: 2.00 cm Yeso de alta dureza 900 <math>d < 1200</math>: 1.50 cm <p>Espeor total: 13.50 cm</p> <p>Caracterización térmica</p> <p>Forjado superior</p> <p>Coefficiente de transmisión térmica (refrigeración): 2.07 W/(m²·K)</p> <p>Coefficiente de transmisión térmica (calefacción): 2.91 W/(m²·K)</p> <p>Forjado inferior</p> <p>Coefficiente de transmisión térmica (refrigeración): 2.91 W/(m²·K)</p> <p>Coefficiente de transmisión térmica (calefacción): 2.07 W/(m²·K)</p> <p>Forjado inferior aislado a la intemperie</p> <p>Coefficiente de transmisión térmica (refrigeración): 3.53 W/(m²·K)</p> <p>Coefficiente de transmisión térmica (calefacción): 2.83 W/(m²·K)</p> <p>Capacidad térmica: 111790.06 J/m²·K</p> <p>Superficie: 0m²</p> <p>Uc: 3,53 W/m²·K Uclim: 0,56 W/m²·K</p>	<p>CARPINTERÍA</p> <p>Descripción: Marco de madera, vidrio monolítico.</p> <p>Sección:</p>  <p>Superficie: 17,99m²</p> <p>Uc: 5,00 W/m²·K Uclim: 2,3 W/m²·K</p>

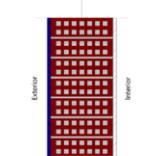
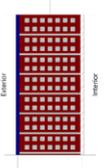
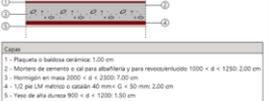
ESTADO ACTUAL	
<p>CUBIERTA</p> <p>Descripción: Cubierta inclinada de teja cerámica sobre tablero de cañizo y capa de yeso. Apoyada en estructura de madera con revoltón cerámico</p> <p>Sección:</p>  <p>Capas</p> <ol style="list-style-type: none"> Teja de arcilla cocida: 1.50 cm Yeso de alta dureza 900 <math>d < 1200</math>: 2.00 cm Tablero de cañizo y barro: 1.50 cm Cámara de aire: 15.00 cm Revoltón cerámico ladrillo macizo: 2.00 cm <p>Espeor total: 22.00 cm</p> <p>Caracterización térmica</p> <p>Coefficiente de transmisión térmica (refrigeración): 1.05 W/(m²·K)</p> <p>Coefficiente de transmisión térmica (calefacción): 1.13 W/(m²·K)</p> <p>Capacidad térmica: 48777.61 J/m²·K</p> <p>Superficie: 100 m²</p> <p>Uc: 1.13 W/m²·K Uclim: 0,44 W/m²·K</p>	<p>FACHADA</p> <p>Descripción: Muro de carga de 1 pie de ladrillo macizo con enfoscado exterior de mortero de cal y enlucido interior de yeso.</p> <p>Sección:</p>  <p>Capas</p> <ol style="list-style-type: none"> Cal, arena: 1.50 cm 1 pie LM metálico o catalán: 26.00 cm Enlucido de yeso 1000 <math>d < 1300</math>: 1.50 cm <p>Espeor total: 29.00 cm</p> <p>Caracterización térmica</p> <p>Transmitancia térmica (S): 2.60 W/(m²·K)</p> <p>Capacidad térmica: 7703.43 J/m²·K</p> <p>Superficie: 42,8 m²</p> <p>Uc: 2,60 W/m²·K Uclim: 0,56 W/m²·K</p>
<p>FORJADO</p> <p>Descripción: Forjado con vigas de madera y revoltón cerámico. Pavimento de baldosas cerámicas</p> <p>Sección:</p>  <p>Capas</p> <ol style="list-style-type: none"> Piqueta o baldosa cerámica: 1.00 cm Mortero de cemento y cal para albañilería y para revoque/enlucido 1000 <math>d < 1250</math>: 2.00 cm Hormigón en masa 2000 <math>d < 2300</math>: 7.00 cm 1/2 pie LM metálico o catalán 40 mm: 5 <math>5 < 50</math> mm: 2.00 cm Yeso de alta dureza 900 <math>d < 1200</math>: 1.50 cm <p>Espeor total: 13.50 cm</p> <p>Caracterización térmica</p> <p>Forjado superior</p> <p>Coefficiente de transmisión térmica (refrigeración): 2.07 W/(m²·K)</p> <p>Coefficiente de transmisión térmica (calefacción): 2.91 W/(m²·K)</p> <p>Forjado inferior</p> <p>Coefficiente de transmisión térmica (refrigeración): 2.91 W/(m²·K)</p> <p>Coefficiente de transmisión térmica (calefacción): 2.07 W/(m²·K)</p> <p>Forjado inferior aislado a la intemperie</p> <p>Coefficiente de transmisión térmica (refrigeración): 3.53 W/(m²·K)</p> <p>Coefficiente de transmisión térmica (calefacción): 2.83 W/(m²·K)</p> <p>Capacidad térmica: 111790.06 J/m²·K</p> <p>Superficie: 0 m²</p> <p>Uc: 3,53 W/m²·K Uclim: 0,56 W/m²·K</p>	<p>CARPINTERÍA</p> <p>Descripción: Marco de madera, vidrio monolítico.</p> <p>Sección:</p>  <p>Superficie: 3,99m²</p> <p>Uc: 5,00 W/m²·K Uclim: 2,3 W/m²·K</p>

Imagen 3.64 Estudio energético de la envolvente. Tipologías UF_T1 y UF_T2. Elaboración propia

UF_T3_01-36	ESTADO ACTUAL	
	CUBIERTA	FACHADA
Descripción:	Cubierta inclinada de teja cerámica sobre tablero de cañizo y capa de yeso. Apoyada en estructura de madera con revoltón cerámico	Descripción: Muro de carga de 1 pie de ladrillo macizo con enfoscado exterior de mortero de cal y enlucido interior de yeso.
Sección:	 <p>Capas</p> <ol style="list-style-type: none"> Teja de arcilla cocida: 1.50 cm Yeso de alta dureza 900 < d < 1200: 2.00 cm Tablero de cañizo y barro: 1.50 cm Cámara de aire: 15.00 cm Revoltón cerámico ladrillo macizo: 2.00 cm <p>Espesor total: 22.00 cm</p> <p>Caracterización térmica</p> <p>Coefficiente de transmisión térmica (refrigeración): 1.05 W/(m²·K) Coeficiente de transmisión térmica (calefacción): 1.13 W/(m²·K) Capacidad térmica: 48777.61 J/m²·K</p>	 <p>Capas</p> <ol style="list-style-type: none"> Cal arena: 1.50 cm 1 pie LM macizo o catalán: 26.00 cm Enlucido de yeso 1000 < d < 1300: 1.50 cm <p>Espesor total: 29.00 cm</p> <p>Caracterización térmica</p> <p>Transmitancia térmica (H): 2.60 W/(m²·K) Capacidad térmica: 77033.43 J/m²·K</p>
Superficie:	117 m²	Superficie: 107,2 m²
Uc:	1,13 W/m² K U _{lim} : 0,38 W/m² K	Uc: 2,60 W/m² K U _{lim} : 0,38 W/m² K
Descripción:	FORJADO	DESCRIPCIÓN: CARPINTERÍA
Descripción:	Forjado con vigas de madera y revoltón cerámico. Pavimento de baldosas cerámicas	Marco de madera, vidrio monolítico.
Sección:	 <p>Capas</p> <ol style="list-style-type: none"> Pegunte o baldosa cerámica: 1.00 cm Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoque/enlucido 1000 < d < 1250: 2.00 cm Hormigón en masa 2000 < d < 2300: 10.00 cm 1/2 pie LM macizo o catalán: 40 mm < d < 50 mm: 2.00 cm Yeso de alta dureza 900 < d < 1200: 1.50 cm <p>Espesor total: 13.50 cm</p> <p>Caracterización térmica</p> <p>Forjado superior: Coeficiente de transmisión térmica (refrigeración): 2.07 W/(m²·K) Coeficiente de transmisión térmica (calefacción): 2.91 W/(m²·K)</p> <p>Forjado inferior: Coeficiente de transmisión térmica (refrigeración): 2.91 W/(m²·K) Coeficiente de transmisión térmica (calefacción): 2.07 W/(m²·K)</p> <p>Forjado inferior espuesto a la intemperie: Coeficiente de transmisión térmica (refrigeración): 3.53 W/(m²·K) Coeficiente de transmisión térmica (calefacción): 2.83 W/(m²·K) Capacidad térmica: 111790.06 J/m²·K</p>	
Superficie:	0 m²	Superficie: 15,45m²
Uc:	3,53 W/m² K U _{lim} : 0,56 W/m² K	Uc: 5,00 W/m² K U _{lim} : 2,0 W/m² K

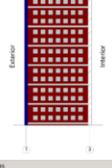
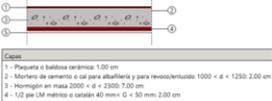
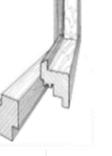
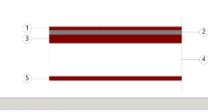
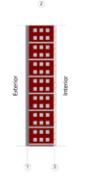
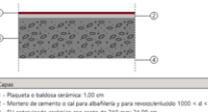
UF_T4_37-59	ESTADO ACTUAL	
	CUBIERTA	FACHADA
Descripción:	Cubierta ventilada inclinada sobre estructura de madera. Tablero cerámico 4cm. Mortero de regulación y teja cerámica. Revoltón de ladrillo macizo recibido con yeso.	Descripción: Muro de carga de 1 pie de ladrillo macizo con enfoscado exterior de mortero de cal y enlucido interior de yeso.
Sección:	 <p>Capas</p> <ol style="list-style-type: none"> Teja de arcilla cocida: 1.50 cm Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoque/enlucido 1000 < d < 1250: 2.00 cm Tablero de LH sencillo 40 mm < d < 50 mm: 2.00 cm Cámara de aire: 15.00 cm Revoltón ladrillo macizo: 2.00 cm <p>Espesor total: 24.50 cm</p> <p>Caracterización térmica</p> <p>Coefficiente de transmisión térmica (refrigeración): 2.31 W/(m²·K) Coeficiente de transmisión térmica (calefacción): 2.76 W/(m²·K) Capacidad térmica: 72453.00 J/m²·K</p>	 <p>Capas</p> <ol style="list-style-type: none"> Cal arena: 1.50 cm 1 pie LM macizo o catalán: 26.00 cm Enlucido de yeso 1000 < d < 1300: 1.50 cm <p>Espesor total: 29.00 cm</p> <p>Caracterización térmica</p> <p>Transmitancia térmica (H): 2.60 W/(m²·K) Capacidad térmica: 77033.43 J/m²·K</p>
Superficie:	105m²	Superficie: 128.64m²
Uc:	2,76 W/m² K U _{lim} : 0,44 W/m² K	Uc: 2,60 W/m² K U _{lim} : 0,56 W/m² K
Descripción:	FORJADO	DESCRIPCIÓN: CARPINTERÍA
Descripción:	Forjado con vigas de madera y revoltón cerámico. Pavimento de baldosas cerámicas	Marco de madera, vidrio monolítico.
Sección:	 <p>Capas</p> <ol style="list-style-type: none"> Pegunte o baldosa cerámica: 1.00 cm Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoque/enlucido 1000 < d < 1250: 2.00 cm Hormigón en masa 2000 < d < 2300: 7.00 cm 1/2 pie LM macizo o catalán: 40 mm < d < 50 mm: 2.00 cm Yeso de alta dureza 900 < d < 1200: 1.50 cm <p>Espesor total: 13.50 cm</p> <p>Caracterización térmica</p> <p>Forjado superior: Coeficiente de transmisión térmica (refrigeración): 2.07 W/(m²·K) Coeficiente de transmisión térmica (calefacción): 2.91 W/(m²·K)</p> <p>Forjado inferior: Coeficiente de transmisión térmica (refrigeración): 2.91 W/(m²·K) Coeficiente de transmisión térmica (calefacción): 2.07 W/(m²·K)</p> <p>Forjado inferior espuesto a la intemperie: Coeficiente de transmisión térmica (refrigeración): 3.53 W/(m²·K) Coeficiente de transmisión térmica (calefacción): 2.83 W/(m²·K) Capacidad térmica: 111790.06 J/m²·K</p>	

Imagen 3.65 Estudio energético de la envolvente. Tipologías UF_T3 y UF_T4. Elaboración propia

ESTADO ACTUAL	
CUBIERTA	FACHADA
Descripción: Cubierta ventilada inclinada sobre estructura de madera. Tablero cerámico 4cm. Mortero de regulación y teja cerámica. Revoltón de ladrillo macizo recibido con yeso.	Descripción: Muro ladrillo perforado 12cm con enlucido exterior de mortero e interior de yeso.
Sección: 	Sección: 
Capas: 1 - Teja de arcilla cocida 1.50 cm 2 - Mortero de cemento o cal para aballaría y para revoco/enlucido 1000 < d < 1250 2.00 cm 3 - Tabique de LH sencillo 40 mm < Espesor < 60 mm 4.00 cm 4 - Cámara de aire 15.00 cm 5 - Revoltón ladrillo macizo 2.00 cm Espesor total 24.50 cm	Capas: 1 - Mortero de cemento o cal para aballaría y para revoco/enlucido 1800 < d < 2000 1.50 cm 2 - 1/2 pie LP metlico o catala 40 mm G < 60 mm 12.25 cm 3 - Yeso de alta densidad 900 < d < 1200 1.00 cm Espesor total 14.75 cm
Caracterización térmica Coeficiente de transmisión térmica (infiltración): 2.31 W/(m²K) Coeficiente de transmisión térmica (aislación): 2.76 W/(m²K) Capacidad térmica: 72453.00 J/m²K	Caracterización térmica Transmancia térmica (U): 2.80 W/(m²K) Capacidad térmica: 50458.87 J/m²K
Superficie: 276 m² Uc: 2.76 W/m² K Uc,m: 0,44 W/m² K	Superficie: 370.2 m² Uc: 2.60 W/m² K Uc,lim: 0,56 W/m² K
FORJADO Descripción: Forjado unidireccional de hormigón armado y bovedilla cerámica.	CARPINTERÍA Descripción: Marco metálico, vidrio monolítico, sin rotura de puente térmico.
Sección: 	Sección: 
Capas: 1 - Placeta o baldosa cerámica 1.00 cm 2 - Mortero de cemento o cal para aballaría y para revoco/enlucido 1000 < d < 1250 2.00 cm 3 - Fij. entregado cerámico con canto de 210 mm 21.00 cm 4 - Yeso de alta densidad 900 < d < 1200 1.00 cm Espesor total 25.00 cm	
Caracterización térmica Forjado superior Coeficiente de transmisión térmica (infiltración): 1.49 W/(m²K) Coeficiente de transmisión térmica (aislación): 1.88 W/(m²K) Forjado inferior Coeficiente de transmisión térmica (infiltración): 1.88 W/(m²K) Coeficiente de transmisión térmica (aislación): 1.49 W/(m²K) Forjado inferior: espesor a la intemperie Coeficiente de transmisión térmica (infiltración): 2.12 W/(m²K) Coeficiente de transmisión térmica (aislación): 1.85 W/(m²K) Capacidad térmica: 103307.35 J/m²K	
Superficie: 0 m² Uc: 2,12 W/m² K Uc,m: 0,56 W/m² K	Superficie: 58,42 m² Uc: 5,70 W/m² K Uc,lim: 2,3 W/m² K

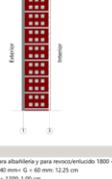
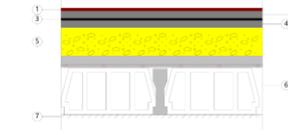
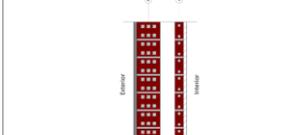
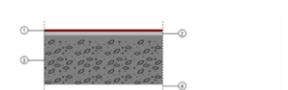
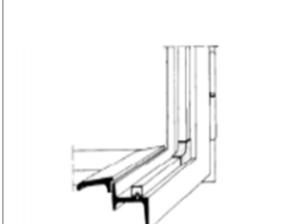
ESTADO ACTUAL	
CUBIERTA	FACHADA
Descripción: Cubierta ventilada inclinada sobre estructura de madera. Tablero cerámico 4cm. Mortero de regulación y teja cerámica. Revoltón de ladrillo macizo recibido con yeso.	Descripción: Muro ladrillo perforado 12cm con enlucido exterior de mortero e interior de yeso.
Sección: 	Sección: 
Capas: 1 - Teja de arcilla cocida 1.50 cm 2 - Mortero de cemento o cal para aballaría y para revoco/enlucido 1000 < d < 1250 2.00 cm 3 - Tabique de LH sencillo 40 mm < Espesor < 60 mm 4.00 cm 4 - Cámara de aire 15.00 cm 5 - Revoltón ladrillo macizo 2.00 cm Espesor total 24.50 cm	Capas: 1 - Mortero de cemento o cal para aballaría y para revoco/enlucido 1800 < d < 2000 1.50 cm 2 - 1/2 pie LP metlico o catala 40 mm G < 60 mm 12.25 cm 3 - Yeso de alta densidad 900 < d < 1200 1.00 cm Espesor total 14.75 cm
Caracterización térmica Coeficiente de transmisión térmica (infiltración): 2.31 W/(m²K) Coeficiente de transmisión térmica (aislación): 2.76 W/(m²K) Capacidad térmica: 72453.00 J/m²K	Caracterización térmica Transmancia térmica (U): 2.80 W/(m²K) Capacidad térmica: 50458.87 J/m²K
Superficie: 202.36 m² Uc: 0.80 W/m² K Uc,m: 0,44 W/m² K	Superficie: 328.8 m² Uc: W/m² K Uc,lim: 0,56 W/m² K
FORJADO Descripción: Forjado unidireccional de hormigón armado y bovedilla cerámica.	CARPINTERÍA Descripción: Marco metálico, vidrio monolítico, sin rotura de puente térmico.
Sección: 	Sección: 
Capas: 1 - Placeta o baldosa cerámica 1.00 cm 2 - Mortero de cemento o cal para aballaría y para revoco/enlucido 1000 < d < 1250 2.00 cm 3 - Fij. entregado cerámico con canto de 210 mm 21.00 cm 4 - Yeso de alta densidad 900 < d < 1200 1.00 cm Espesor total 25.00 cm	
Caracterización térmica Forjado superior Coeficiente de transmisión térmica (infiltración): 1.49 W/(m²K) Coeficiente de transmisión térmica (aislación): 1.88 W/(m²K) Forjado inferior Coeficiente de transmisión térmica (infiltración): 1.88 W/(m²K) Coeficiente de transmisión térmica (aislación): 1.49 W/(m²K) Forjado inferior: espesor a la intemperie Coeficiente de transmisión térmica (infiltración): 2.12 W/(m²K) Coeficiente de transmisión térmica (aislación): 1.85 W/(m²K) Capacidad térmica: 103307.35 J/m²K	
Superficie: 0 m² Uc: 1.88 W/m² K Uc,lim: 0,56 W/m² K	Superficie: 58,42 m² Uc: 4.59 W/m² K Uc,lim: 2,3 W/m² K

Imagen 3.66 Estudio energético de la envolvente. Tipologías MF_T5 y BA_T6. Elaboración propia

UF_T7_60-79	ESTADO ACTUAL	
	CUBIERTA	FACHADA
Descripción: Azotea convencional transitable con rasilla cerámica, impermeabilización bituminosa, aislamiento térmico de arlita, formación de pendientes con ladrillo hueco cerámico sobre forjado unidireccional sobre hormigón de canto 25 cm.	Descripción: Fachada de acabado enfoscado con mortero de cemento de 1,5cm de espesor. Fábrica exterior de ladrillo hueco triple de 11cm, cámara de 7 cm y fábrica interior de ladrillo hueco simple de 4cm con enlucido de yeso de 1.5cm.	
Sección:  Capas: 1 - Píquete o baldosa cerámica: 1,30 cm 2 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1800 < d < 2000: 3,00 cm 3 - Asfalto: 1,00 cm 4 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1800 < d < 2000: 3,00 cm 5 - Acicla Expandida (jardo suelto): 12,00 cm 6 - Forjado unidireccional de 250 mm con entrevigado de hormigón convencional: 25,00 cm 7 - Vaso de alta densidad 900 < d < 1200: 1,50 cm Espesor total: 46,80 cm Caracterización térmica Coeficiente de transmisión térmica (refrigeración): 0,76 W/(m²·K) Coeficiente de transmisión térmica (calefacción): 0,80 W/(m²·K) Capacidad térmica: 122170,97 J/m²·K	Sección:  Capas: 1 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1800 < d < 2000: 1,50 cm 2 - Tabique de LH triple (100 mm < E < 110 mm): 11,00 cm 3 - Cámara de aire: 7,00 cm 4 - Tabique de LH sencillo (40 mm < E < 60 mm): 4,00 cm 5 - Vaso de alta densidad 900 < d < 1200: 1,50 cm Espesor total: 25,00 cm Caracterización térmica Transmisión térmica (G): 1,41 W/(m²·K) Capacidad térmica: 50263,29 J/m²·K	
Superficie: 76 m² Uc: 0,80 W/m²·K Uc,lim: 0,44 W/m²·K	Superficie: 257,28 m² Uw: 1,41 W/m²·K Uw,lim: 0,56 W/m²·K	
Descripción: Forjado unidireccional de hormigón armado.	Descripción: Marco metálico, vidrio monolítico, sin rotura de puente térmico.	
Sección:  Capas: 1 - Píquete o baldosa cerámica: 1,00 cm 2 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1800 < d < 1200: 2,00 cm 3 - Forjado unidireccional cerámico -Canto 250 mm: 25,00 cm 4 - Vaso de alta densidad 900 < d < 1200: 1,50 cm Espesor total: 29,50 cm Caracterización térmica Forjado superior Coeficiente de transmisión térmica (refrigeración): 1,40 W/(m²·K) Coeficiente de transmisión térmica (calefacción): 1,78 W/(m²·K) Forjado inferior Coeficiente de transmisión térmica (refrigeración): 1,78 W/(m²·K) Coeficiente de transmisión térmica (calefacción): 1,40 W/(m²·K) Forjado inferior expuesto a la intemperie Coeficiente de transmisión térmica (refrigeración): 2,00 W/(m²·K) Coeficiente de transmisión térmica (calefacción): 1,78 W/(m²·K) Capacidad térmica: 102054,29 J/m²·K	Sección: 	
Superficie: 0 m² Us: 2,00 W/m²·K Us,lim: 0,56 W/m²·K	Superficie: 21,06 m² Uf: 4,59 W/m²·K Uf,lim: 2,3 W/m²·K	

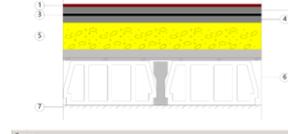
MF_TB_60-79	ESTADO ACTUAL	
	CUBIERTA	FACHADA
Descripción: Azotea convencional transitable con rasilla cerámica, impermeabilización bituminosa, aislamiento térmico de arlita, formación de pendientes con ladrillo hueco cerámico sobre forjado unidireccional sobre hormigón de canto 25 cm.	Descripción: Fachada de acabado enfoscado con mortero de cemento de 1,5cm de espesor. Fábrica exterior de ladrillo hueco triple de 11cm, cámara de 7 cm y fábrica interior de ladrillo hueco simple de 4cm con enlucido de yeso de 1.5cm.	
Sección:  Capas: 1 - Píquete o baldosa cerámica: 1,30 cm 2 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1800 < d < 2000: 3,00 cm 3 - Asfalto: 1,00 cm 4 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1800 < d < 2000: 3,00 cm 5 - Acicla Expandida (jardo suelto): 12,00 cm 6 - Forjado unidireccional de 250 mm con entrevigado de hormigón convencional: 25,00 cm 7 - Vaso de alta densidad 900 < d < 1200: 1,50 cm Espesor total: 46,80 cm Caracterización térmica Coeficiente de transmisión térmica (refrigeración): 0,76 W/(m²·K) Coeficiente de transmisión térmica (calefacción): 0,80 W/(m²·K) Capacidad térmica: 122170,97 J/m²·K	Sección:  Capas: 1 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1800 < d < 2000: 1,50 cm 2 - Tabique de LH triple (100 mm < E < 110 mm): 11,00 cm 3 - Cámara de aire: 7,00 cm 4 - Tabique de LH sencillo (40 mm < E < 60 mm): 4,00 cm 5 - Vaso de alta densidad 900 < d < 1200: 1,50 cm Espesor total: 25,00 cm Caracterización térmica Transmisión térmica (G): 1,41 W/(m²·K) Capacidad térmica: 50263,29 J/m²·K	
Superficie: 279 m² Uc: 0,80 W/m²·K Uc,lim: 0,44 W/m²·K	Superficie: 1775,6 m² Uw: 1,41 W/m²·K Uw,lim: 0,56 W/m²·K	
Descripción: Forjado unidireccional de hormigón armado. Entrevigado cerámico	Descripción: Marco metálico, vidrio monolítico, sin rotura de puente térmico.	
Sección:  Capas: 1 - Píquete o baldosa cerámica: 1,00 cm 2 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1800 < d < 1200: 2,00 cm 3 - Forjado unidireccional cerámico -Canto 250 mm: 25,00 cm 4 - Vaso de alta densidad 900 < d < 1200: 1,50 cm Espesor total: 30,00 cm Caracterización térmica Forjado superior Coeficiente de transmisión térmica (refrigeración): 1,40 W/(m²·K) Coeficiente de transmisión térmica (calefacción): 1,78 W/(m²·K) Forjado inferior Coeficiente de transmisión térmica (refrigeración): 1,78 W/(m²·K) Coeficiente de transmisión térmica (calefacción): 1,40 W/(m²·K) Forjado inferior expuesto a la intemperie Coeficiente de transmisión térmica (refrigeración): 1,95 W/(m²·K) Coeficiente de transmisión térmica (calefacción): 1,72 W/(m²·K) Capacidad térmica: 101730,10 J/m²·K	Sección: 	
Superficie: 49 m² Uf: 4,59 W/m²·K Uf,lim: 2,3 W/m²·K	Superficie: 281,92 m² Uf: 4,59 W/m²·K Uf,lim: 2,3 W/m²·K	

Imagen 3.67 Estudio energético de la envolvente. Tipologías UF_T7 y MF_TB. Elaboración propia

ESTADO ACTUAL			
CUBIERTA		FACHADA	
Descripción: Azotea convencional transitable con rasilla cerámica, impermeabilización bituminosa, aislamiento térmico de arilla, formación de pendientes con ladrillo hueco cerámico sobre forjado unidireccional con entrevigado de hormigón de canto 25 cm.		Descripción: Fachada mixta de acabados cara vista y enfoscado. Cara vista: fábrica exterior de 1/2 pie de ladrillo perforado, cámara de 7 cm y fábrica interior de ladrillo hueco simple de 4cm con enfucido de yeso de 1.5cm. Enfoscado: Fabrica exterior de ladrillo hueco triple de 11 cm, cámara de aire de 7 cm y fábrica interior de ladrillo hueco simple de 4 cm de espesor.	
Sección: <p>Capas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1- Plaqueta o baldosa cerámica 1,30 cm 2- Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoque/entruedo 1800 + d + 2000 3,00 cm 3- Asfalto 1,00 cm 4- Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoque/entruedo 1800 + d + 2000 3,00 cm 5- Anilla Espesada (arillo rasilla) 1,00 cm 6- Forjado unidireccional de 250 mm con entrevigado de hormigón convencional 25,00 cm 7- Yeso de alta densidad 900 + d + 1300 1,50 cm <p>Epesor total: 46,80 cm</p> <p>Caracterización térmica</p> <p>Coefficiente de transmisión térmica (integración): 0,76 W/(m²·K)</p> <p>Coefficiente de transmisión térmica (edificación): 0,80 W/(m²·K)</p> <p>Capacidad térmica: 122176,97 J/m²·K</p>		Sección: <p>Capas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1- Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoque/entruedo 1800 + d + 2000 1,50 cm 2- Tablón de LH triple (90 mm + E + 110 mm) 11,00 cm 3- Cámara de aire 7,00 cm 4- Tablón de LH simple (60 mm + E + 60 mm) 4,00 cm 5- Yeso de alta densidad 900 + d + 1300 1,50 cm <p>Epesor total: 25,00 cm</p> <p>Caracterización térmica</p> <p>Transmisión térmica (G): 1,41 W/(m²·K)</p> <p>Capacidad térmica: 52383,29 J/m²·K</p>	
Superficie: 562 m² U_{it}: 0,80 W/m² K U_{ext}: 0,44 W/m² K		Superficie: 1263,7 m² U_{it}: 1,41 W/m² K U_{ext}: 0,56 W/m² K	
FORJADO		CARPINTERÍA	
Descripción: Forjado unidireccional de viguetas pretensadas. Entrevigado cerámico.		Descripción: Marco metálico, vidrio monolítico, sin rotura de puente térmico.	
Sección: <p>Capas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1- Cera aislante 2000 + d + 2700 1,50 cm 2- Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoque/entruedo 1800 + d + 2000 3,00 cm 3- Forjado unidireccional de 250 mm con entrevigado de hormigón convencional 25,00 cm <p>Epesor total: 29,50 cm</p> <p>Caracterización térmica</p> <p>Forjado superior</p> <p>Coefficiente de transmisión térmica (integración): 1,78 W/(m²·K)</p> <p>Coefficiente de transmisión térmica (edificación): 2,08 W/(m²·K)</p> <p>Forjado inferior</p> <p>Coefficiente de transmisión térmica (integración): 2,08 W/(m²·K)</p> <p>Coefficiente de transmisión térmica (edificación): 1,78 W/(m²·K)</p> <p>Forjado inferior expuesto a la intemperie</p> <p>Coefficiente de transmisión térmica (integración): 2,77 W/(m²·K)</p> <p>Coefficiente de transmisión térmica (edificación): 2,82 W/(m²·K)</p> <p>Capacidad térmica: 79591,08 J/m²·K</p>		Sección:	
Superficie: 54,5 m² U_{it}: 2,77 W/m² K U_{ext}: 0,56 W/m² K		Superficie: 253,54 m² U_{it}: 5,70 W/m² K U_{ext}: 2,3 W/m² K	

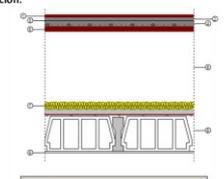
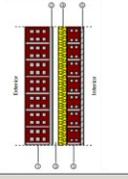
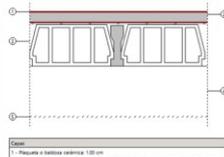
ESTADO ACTUAL			
CUBIERTA		FACHADA	
Descripción: Cubierta plana ventilada. Formación de pendientes con ladrillo y tablero cerámico, aislamiento térmico de XPS, impermeabilización asfáltica y acabado con plaqueta cerámica.		Descripción: Muro capuchino, hoja exterior ladrillo hueco triple 11cm enfoscado con mortero de cemento, cámara de aire de 6cm con aislamiento de EPS de 4 cm y hoja interior de ladrillo hueco doble 7cm enfucido con yeso.	
Sección: <p>Capas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1- Plaqueta o baldosa cerámica 1,00 cm 2- Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoque/entruedo 1800 + d + 1200 3,00 cm 3- Asfalto 0,50 cm 4- Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoque/entruedo 1800 + d + 1200 3,00 cm 5- Espesado con albañilería (rasilla) 0,50 W/(m²·K) 0,50 cm 6- Tablón de LH triple (90 mm + E + 110 mm) 10,50 cm 7- Cámara de aire 7,00 cm 8- Tablón de LH simple (60 mm + E + 60 mm) 4,00 cm 9- Forjado unidireccional de 300 mm con entrevigado de hormigón convencional 30,00 cm 10- Cámara de aire 6,00 cm 11- Piso de granito (PVC) 700 + d + 800 1,00 cm <p>Epesor total: 68,50 cm</p> <p>Caracterización térmica</p> <p>Coefficiente de transmisión térmica (integración): 0,51 W/(m²·K)</p> <p>Coefficiente de transmisión térmica (edificación): 0,58 W/(m²·K)</p> <p>Capacidad térmica: 51922,27 J/m²·K</p>		Sección: <p>Capas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1- Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoque/entruedo 1800 + d + 2000 1,50 cm 2- Tablón de LH triple (90 mm + E + 110 mm) 10,50 cm 3- Cámara de aire 7,00 cm 4- Tablón de LH doble (60 mm + E + 60 mm) 7,00 cm 5- Yeso de alta densidad 900 + d + 1300 1,50 cm <p>Epesor total: 28,50 cm</p> <p>Caracterización térmica</p> <p>Transmisión térmica (G): 1,31 W/(m²·K)</p> <p>Capacidad térmica: 53834,27 J/m²·K</p>	
Superficie: 97 m² U_{it}: 0,53 W/m² K U_{ext}: 0,44 W/m² K		Superficie: 119,4 m² U_{it}: 1,31 W/m² K U_{ext}: 0,56 W/m² K	
FORJADO		CARPINTERÍA	
Descripción: Forjado unidireccional de viguetas pretensadas y entrevigado de hormigón. Canto 30 cm.		Descripción: Marco metálico, vidrio monolítico, sin rotura de puente térmico.	
Sección: <p>Capas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1- Plaqueta o baldosa cerámica 1,00 cm 2- Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoque/entruedo 1200 + d + 1300 2,00 cm 3- Forjado unidireccional de 300 mm con entrevigado de hormigón convencional 30,00 cm 4- Yeso de alta densidad 900 + d + 1300 1,50 cm <p>Epesor total: 34,50 cm</p> <p>Caracterización térmica</p> <p>Forjado superior</p> <p>Coefficiente de transmisión térmica (integración): 1,83 W/(m²·K)</p> <p>Coefficiente de transmisión térmica (edificación): 2,04 W/(m²·K)</p> <p>Forjado inferior</p> <p>Coefficiente de transmisión térmica (integración): 2,04 W/(m²·K)</p> <p>Coefficiente de transmisión térmica (edificación): 1,83 W/(m²·K)</p> <p>Forjado inferior expuesto a la intemperie</p> <p>Coefficiente de transmisión térmica (integración): 2,82 W/(m²·K)</p> <p>Coefficiente de transmisión térmica (edificación): 2,82 W/(m²·K)</p> <p>Capacidad térmica: 110724,20 J/m²·K</p>		Sección:	
Superficie: 0 m² U_{it}: 2,32 W/m² K U_{ext}: 0,56 W/m² K		Superficie: 46,80 m² U_{it}: 5,70 W/m² K U_{ext}: 2,3 W/m² K	

Imagen 3.68 Estudio energético de la envolvente. Tipologías BA_T9 y UF_T10. Elaboración propia

ESTADO ACTUAL	
<p>CUBIERTA</p> <p>Descripción: Azotea convencional transitable con rasilla cerámica, impermeabilización bituminosa, aislamiento térmico de poliestireno expandido y formación de pendientes con hormigón celular sobre forjado unidireccional con entrevigado de hormigón de canto 30 cm.</p> <p>Sección:</p> <p>Caja:</p> <ol style="list-style-type: none"> Plaqueo a baldosa cerámica 1,00 cm Mortero de cemento o cal para aballarla y para revoque/bruido 1000 + d + 1200 1,00 cm Asfalto 0,30 cm Mortero de cemento o cal para aballarla y para revoque/bruido 1000 + d + 1200 1,00 cm EPS Expandido con diámetro C20 (0,030 W/m²K) 4,00 cm Mortero con arena sílica ligera 1000 1,00 cm USP BSC/Membrana 0,50 cm Forjado unidireccional de 300 mm con entrevigado de hormigón convencional 30,00 cm USP BSC/Membrana 0,50 cm Cancha de aire 30,00 cm Placa de lana mineral PIR 100 + d + 900 1,00 cm Espesor total 40,30 cm <p>Caracterización térmica:</p> <p>Forjado superior Coeficiente de transmisión térmica (infiltración): 1,50 W/m²K Coeficiente de transmisión térmica (sulfatación): 2,04 W/m²K Forjado inferior Coeficiente de transmisión térmica (infiltración): 2,04 W/m²K Coeficiente de transmisión térmica (sulfatación): 1,50 W/m²K Forjado inferior expuesto a la intemperie Coeficiente de transmisión térmica (infiltración): 2,32 W/m²K Coeficiente de transmisión térmica (sulfatación): 2,00 W/m²K Capacidad térmica: 119724,20 J/m²K</p> <p>Superficie: 169 m² Um: 0,53 W/m² K Uclim: 0,44 W/m² K</p>	<p>FACHADA</p> <p>Descripción: Fachada ladrillo perforado cara vista, aislamiento de EPS y trasdosado de ladrillo hueco doble.</p> <p>Sección:</p> <p>Caja:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1/2 pie LP métrico o catán 40 mm + G + 60 mm 12,25 cm Mortero de cemento o cal para aballarla y para revoque/bruido 1450 + d + 1600 1,50 cm EPS Poliestireno Expandido (0,037 W/m²K) 2,00 cm Camara de aire 2,00 cm Tablón de LP doble 300 mm + E + 300 mm 7,00 cm Yaso de alta densidad 900 + d + 1200 1,50 cm Espesor total 28,25 cm <p>Caracterización térmica:</p> <p>Transmitancia térmica (U): 0,84 W/m²K Capacidad térmica: 52289,79 J/m²K</p> <p>Superficie: 2128 m² Um: 0,84 W/m² K Ucilm: 0,56 W/m² K</p>
<p>FORJADO</p> <p>Descripción: Forjado unidireccional de viguetas pretensadas y entrevigado de hormigón. Canto 30 cm.</p> <p>Sección:</p> <p>Caja:</p> <ol style="list-style-type: none"> Plaqueo a baldosa cerámica 1,00 cm Mortero de cemento o cal para aballarla y para revoque/bruido 1000 + d + 1200 2,00 cm Forjado unidireccional de 300 mm con entrevigado de hormigón convencional 30,00 cm Yaso de alta densidad 900 + d + 1200 1,50 cm Espesor total 34,50 cm <p>Caracterización térmica:</p> <p>Forjado superior Coeficiente de transmisión térmica (infiltración): 1,50 W/m²K Coeficiente de transmisión térmica (sulfatación): 2,04 W/m²K Forjado inferior Coeficiente de transmisión térmica (infiltración): 2,04 W/m²K Coeficiente de transmisión térmica (sulfatación): 1,50 W/m²K Forjado inferior expuesto a la intemperie Coeficiente de transmisión térmica (infiltración): 2,32 W/m²K Coeficiente de transmisión térmica (sulfatación): 2,00 W/m²K Capacidad térmica: 119724,20 J/m²K</p> <p>Superficie: 14,5 m² Us: 2,32 W/m² K Uslm: 0,56 W/m² K</p>	<p>CARPINTERÍA</p> <p>Descripción: Marco PVC, vidrio doble</p> <p>Sección:</p> <p>Superficie: 294,52 m² Uc: 3,37 W/m² K Ucilm: 2,3 W/m² K</p>

ESTADO ACTUAL	
<p>CUBIERTA</p> <p>Descripción: Azotea convencional transitable con rasilla cerámica, impermeabilización bituminosa, aislamiento térmico de poliestireno expandido y formación de pendientes con hormigón celular sobre forjado unidireccional con entrevigado de hormigón de canto 30 cm.</p> <p>Sección:</p> <p>Caja:</p> <ol style="list-style-type: none"> Plaqueo a baldosa cerámica 1,00 cm Mortero de cemento o cal para aballarla y para revoque/bruido 1000 + d + 1200 1,00 cm Asfalto 0,30 cm Mortero de cemento o cal para aballarla y para revoque/bruido 1000 + d + 1200 1,00 cm EPS Expandido con diámetro C20 (0,030 W/m²K) 4,00 cm Mortero con arena sílica ligera 1000 1,00 cm USP BSC/Membrana 0,50 cm Forjado unidireccional de 300 mm con entrevigado de hormigón convencional 30,00 cm USP BSC/Membrana 0,50 cm Cancha de aire 30,00 cm Placa de lana mineral PIR 100 + d + 900 1,00 cm Espesor total 40,30 cm <p>Caracterización térmica:</p> <p>Forjado superior Coeficiente de transmisión térmica (infiltración): 1,50 W/m²K Coeficiente de transmisión térmica (sulfatación): 2,04 W/m²K Forjado inferior Coeficiente de transmisión térmica (infiltración): 2,04 W/m²K Coeficiente de transmisión térmica (sulfatación): 1,50 W/m²K Forjado inferior expuesto a la intemperie Coeficiente de transmisión térmica (infiltración): 2,32 W/m²K Coeficiente de transmisión térmica (sulfatación): 2,00 W/m²K Capacidad térmica: 119724,20 J/m²K</p> <p>Superficie: 774 m² Um: 0,54 W/m² K Ucilm: 0,44 W/m² K</p>	<p>FACHADA</p> <p>Descripción: Fachada ladrillo perforado cara vista, aislamiento de EPS y trasdosado de ladrillo hueco doble.</p> <p>Sección:</p> <p>Caja:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1/2 pie LP métrico o catán 40 mm + G + 60 mm 12,25 cm Mortero de cemento o cal para aballarla y para revoque/bruido 1450 + d + 1600 1,50 cm EPS Poliestireno Expandido (0,037 W/m²K) 2,00 cm Camara de aire 2,00 cm Tablón de LP doble 300 mm + E + 300 mm 7,00 cm Yaso de alta densidad 900 + d + 1200 1,50 cm Espesor total 28,25 cm <p>Caracterización térmica:</p> <p>Transmitancia térmica (U): 0,84 W/m²K Capacidad térmica: 52289,79 J/m²K</p> <p>Superficie: 1879,6 m² Um: 0,84 W/m² K Ucilm: 0,56 W/m² K</p>
<p>FORJADO</p> <p>Descripción: Forjado unidireccional de viguetas pretensadas y entrevigado de hormigón. Canto 30 cm.</p> <p>Sección:</p> <p>Caja:</p> <ol style="list-style-type: none"> Plaqueo a baldosa cerámica 1,00 cm Mortero de cemento o cal para aballarla y para revoque/bruido 1000 + d + 1200 2,00 cm Forjado unidireccional de 300 mm con entrevigado de hormigón convencional 30,00 cm Yaso de alta densidad 900 + d + 1200 1,50 cm Espesor total 33,50 cm <p>Caracterización térmica:</p> <p>Forjado superior Coeficiente de transmisión térmica (infiltración): 1,50 W/m²K Coeficiente de transmisión térmica (sulfatación): 2,04 W/m²K Forjado inferior Coeficiente de transmisión térmica (infiltración): 2,04 W/m²K Coeficiente de transmisión térmica (sulfatación): 1,50 W/m²K Forjado inferior expuesto a la intemperie Coeficiente de transmisión térmica (infiltración): 2,32 W/m²K Coeficiente de transmisión térmica (sulfatación): 2,00 W/m²K Capacidad térmica: 119724,20 J/m²K</p> <p>Superficie: 0 m²</p>	<p>CARPINTERÍA</p> <p>Descripción: Marco metálico, vidrio monolítico, sin rotura de puente térmico.</p> <p>Sección:</p> <p>Superficie: 922,88 m²</p>

Imagen 3.69 Estudio energético de la envolvente. Tipologías MF_T11 y BA_T12. Elaboración propia

UF_T13_07_20	ESTADO ACTUAL	
	CUBIERTA	FACHADA
Descripción:	Cubierta inclinada de teja cerámica sobre tablero y tabiquillo cerámico. Aislamiento de lana mineral. Forjado unidireccional de vigueta pretensada y entrevigado de	Descripción: Fachada ladrillo perforado cara vista con cámara de aire, aislamiento de XPS y trasdosado de ladrillo hueco doble.
Sección:		
Capas:	<ol style="list-style-type: none"> 1- Membrana bitúmica 2,00 cm 2- Suelo fletado de lana 2,00 cm 3- Hormigón estructural 140 x 140 x 230 cm 4- Tablero cerámico 4,00 cm 5- Lana mineral 100 mm 6- Viguetas unidireccionales de hormigón pretensado 30,00 cm 7- Forjado unidireccional de hormigón convencional 30,00 cm 8- Forjado unidireccional de hormigón convencional 30,00 cm 9- Lana mineral 100 mm 10- Tablero cerámico 4,00 cm Espesor total: 84,00 cm	<ol style="list-style-type: none"> 1- 1/2 cm LP mármol o similar 40 mm x G x 80 mm 12,25 cm 2- Mortero de cemento o cal para abanilla y para revoque/terciado 1400 x d x 1800 1,50 cm 3- Cámara de aire 100 cm 4- XPS Expandido con hidrofluorcarbonos HFC (0,022 W/(m·K)) 4,00 cm 5- Tablón de Lx doble 300 mm x E x 90 mm 7,00 cm 6- Teja de alta densidad 900 x d x 1.000 1,00 cm Espesor total: 22,25 cm
Superficie:	130 m ²	Superficie: 136,73m ²
U_{ac}:	0,44 W/m ² K U_{lim}: 0,44 W/m ² K	U_{ac}: 0,53 W/m ² K U_{lim}: 0,56 W/m ² K
	FORJADO	CARPINTERÍA
Descripción:	Forjado unidireccional de viguetas pretensadas y entrevigado de hormigón. Canto 30 cm.	Descripción: Marco metálico, vidrio doble, con rotura de puente térmico.
Sección:		
Capas:	<ol style="list-style-type: none"> 1- Piqueta o baldosa cerámica 1,00 cm 2- Mortero de cemento o cal para abanilla y para revoque/terciado 1000 x d x 1200 0,50 cm 3- Forjado unidireccional de 300 mm con entrevigado de hormigón convencional 30,00 cm 4- Cámara de aire 100 cm 5- Placa de yeso laminado (PVL) 700 x d x 800 1,00 cm 6- Espesor total: 84,00 cm 	<ol style="list-style-type: none"> 1- Piqueta o baldosa cerámica 1,00 cm 2- Mortero de cemento o cal para abanilla y para revoque/terciado 1000 x d x 1200 1,00 cm 3- Tablón de Lx triple 100 mm x E x 110 mm 10,50 cm 4- Mortero de cemento o cal para abanilla y para revoque/terciado 1000 x d x 1200 1,00 cm 5- Cámara de aire 1,00 cm 6- Mortero de cemento o cal para abanilla y para revoque/terciado 1000 x d x 1200 1,00 cm 7- USGA XPS Fx Hx W 40mm 4,00 cm 8- Tablón de Lx doble 300 mm x E x 90 mm 7,50 cm 9- Placa de yeso laminado (PVL) 700 x d x 800 2,00 cm 10- Espesor total: 30,00 cm
Superficie:	0 m ²	Superficie: 53,60 m ²
U_s:	1,52 W/m ² K U_{lim}: 0,56 W/m ² K	U_{ac}: 3,09 W/m ² K U_{lim}: 2,3 W/m ² K

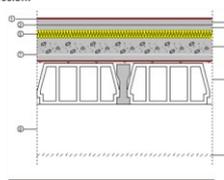
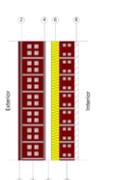
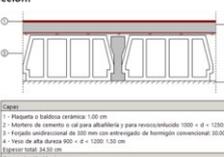
MF_T14_07_20	ESTADO ACTUAL	
	CUBIERTA	FACHADA
Descripción:	Azotea convencional transitable con rasilla cerámica, impermeabilización bituminosa, aislamiento térmico de poliestireno expandido y formación de pendientes con hormigón celular sobre forjado unidireccional con entrevigado de hormigón de canto 30 cm.	Descripción: Fachada de aplacado cerámico con cámara de aire, hoja exterior de ladrillo hueco triple y hoja interior de ladrillo hueco doble. Aislamiento térmico de XPS.
Sección:		
Capas:	<ol style="list-style-type: none"> 1- Piqueta o baldosa cerámica 1,00 cm 2- Membrana bitúmica o alquitrán/epoxi para revoque/terciado 1200 x d x 1400 3,00 cm 3- Suelo fletado de lana 2,00 cm 4- Hormigón celular (para abanilla) para revoque/terciado 1000 x d x 1400 3,00 cm 5- USG Espandido con hidrofluorcarbonos HFC (0,022 W/(m·K)) 5,00 cm 6- Forjado unidireccional de hormigón 30,00 cm 7- Suelo fletado 2,00 cm 8- Forjado unidireccional de hormigón 30,00 cm con entrevigado de hormigón convencional 30,00 cm 9- Cámara de aire 100 cm 10- Placa de yeso laminado (PVL) 700 x d x 800 1,00 cm 11- Espesor total: 84,00 cm 	<ol style="list-style-type: none"> 1- Piqueta o baldosa cerámica 1,00 cm 2- Mortero de cemento o cal para abanilla y para revoque/terciado 1000 x d x 1200 1,00 cm 3- Tablón de Lx triple 100 mm x E x 110 mm 10,50 cm 4- Mortero de cemento o cal para abanilla y para revoque/terciado 1000 x d x 1200 1,00 cm 5- Cámara de aire 1,00 cm 6- USGA XPS Fx Hx W 40mm 4,00 cm 7- Tablón de Lx doble 300 mm x E x 90 mm 7,50 cm 8- Placa de yeso laminado (PVL) 700 x d x 800 2,00 cm 9- Espesor total: 30,00 cm
Superficie:	105 m ²	Superficie: 278,15 m ²
U_{ac}:	0,44 W/m ² K U_{lim}: 0,44 W/m ² K	U_{ac}: 0,49 W/m ² K U_{lim}: 0,56 W/m ² K
	FORJADO	CARPINTERÍA
Descripción:	Forjado unidireccional de viguetas pretensadas y entrevigado de hormigón. Canto 30 cm.	Descripción: Marco metálico, vidrio doble, con rotura de puente térmico.
Sección:		
Capas:	<ol style="list-style-type: none"> 1- Piqueta o baldosa cerámica 1,00 cm 2- Mortero de cemento o cal para abanilla y para revoque/terciado 1000 x d x 1200 0,50 cm 3- Forjado unidireccional de 300 mm con entrevigado de hormigón convencional 30,00 cm 4- Cámara de aire 100 cm 5- Placa de yeso laminado (PVL) 700 x d x 800 1,00 cm 6- Espesor total: 84,00 cm 	<ol style="list-style-type: none"> 1- Piqueta o baldosa cerámica 1,00 cm 2- Mortero de cemento o cal para abanilla y para revoque/terciado 1000 x d x 1200 1,00 cm 3- Tablón de Lx triple 100 mm x E x 110 mm 10,50 cm 4- Mortero de cemento o cal para abanilla y para revoque/terciado 1000 x d x 1200 1,00 cm 5- Cámara de aire 1,00 cm 6- Mortero de cemento o cal para abanilla y para revoque/terciado 1000 x d x 1200 1,00 cm 7- USGA XPS Fx Hx W 40mm 4,00 cm 8- Tablón de Lx doble 300 mm x E x 90 mm 7,50 cm 9- Placa de yeso laminado (PVL) 700 x d x 800 2,00 cm 10- Espesor total: 30,00 cm
Superficie:	5,85 m ²	Superficie: 139,63 m ²
U_s:	2,04 W/m ² K U_{lim}: 0,56 W/m ² K	U_{ac}: 3,09 W/m ² K U_{lim}: 2,3 W/m ² K

Imagen 3.70 Estudio energético de la envolvente. Tipologías UF_T13 y MF_T14. Elaboración propia

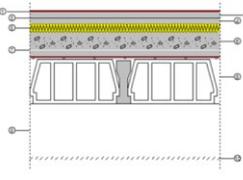
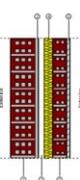
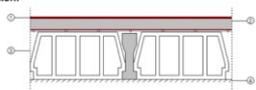
BA_T15_07_20	ESTADO ACTUAL	
	CUBIERTA	FACHADA
Descripción:	Azotea convencional transitable con rasilla cerámica, impermeabilización bituminosa, aislamiento térmico de poliestireno expandido y formación de pendientes con hormigón celular sobre forjado unidireccional con entrevigado de hormigón de canto 30 cm.	Descripción: Fachada ladrillo perforado cara vista con cámara de aire, aislamiento de XPS y trasdosado de ladrillo hueco doble.
Sección:		
Capas:	<ol style="list-style-type: none"> 1- Rasilla o baldosa cerámica 1,00 cm 2- Mortero de cemento o cal para anillado y para revoque/teñido 1200 x d + e + 1400 3,00 cm 3- Membrana bituminosa 0,20 cm 4- Mortero de cemento o cal para anillado y para revoque/teñido 1200 x d + e + 1400 3,00 cm 5- XPS Expandido con adhesivo de anclaje (C2) 1000 (W/m²K) 5,00 cm 6- Hormigón con árido ligero 1800 x d + e + 1800 10,00 cm 7- Canto 30 cm 8- Forjado unidireccional de 300 mm con entrevigado de hormigón convencional 30,00 cm 9- Cámara aire 30,00 cm 10- Para de vaso terminado (PVI) 700 x e + 800 1,00 cm Espesor total 38,00 cm 	<ol style="list-style-type: none"> 1- Ladrillo hueco o cerámico 40 mm x G + 60 mm 12,00 cm 3- Mortero de cemento o cal para anillado y para revoque/teñido 1400 x d + e + 1800 1,50 cm 4- XPS Expandido con adhesivo de anclaje HFC 2.032 (W/m²K) 4,00 cm 5- Tablón de L4 doble 90 mm x E + 80 mm 7,00 cm 6- Tejo de alta densidad 900 x d + e + 1200 1,50 cm Espesor total 28,25 cm
Caracterización térmica:	Coeficiente de transmisión térmica (refrigeración) 0,43 (W/m²K) Coeficiente de transmisión térmica (calefacción) 0,44 (W/m²K) Capacidad térmica 34,07 (J/m²K)	Coeficiente de transmisión térmica (refrigeración) 0,53 (W/m²K) Capacidad térmica 32,05 (J/m²K)
Superficie:	2250 m²	6208,4m²
U_{it}:	0,44 W/m² K	U _{lim} 0,56 W/m² K
Descripción:	FORJADO Forjado unidireccional de viguetas pretensadas y entrevigado de hormigón. Canto 30 cm.	CARPINTERÍA Marco metálico, vidrio monolítico, con rotura de puente térmico.
Sección:		
Capas:	<ol style="list-style-type: none"> 1- Rasilla o baldosa cerámica 1,00 cm 2- Mortero de cemento o cal para anillado y para revoque/teñido 1000 x d + e + 1330 2,00 cm 3- Forjado unidireccional de 300 mm con entrevigado de hormigón convencional 30,00 cm 4- Vaso de alta densidad 900 x d + e + 1400 1,00 cm 5- Espesor total 34,00 cm 	
Caracterización térmica:	Forjado superior Coeficiente de transmisión térmica (refrigeración) 1,08 (W/m²K) Coeficiente de transmisión térmica (calefacción) 2,04 (W/m²K) Forjado inferior Coeficiente de transmisión térmica (refrigeración) 2,04 (W/m²K) Coeficiente de transmisión térmica (calefacción) 1,08 (W/m²K) Forjado inferior superior a la intersección Coeficiente de transmisión térmica (refrigeración) 2,33 (W/m²K) Coeficiente de transmisión térmica (calefacción) 2,08 (W/m²K) Capacidad térmica 11,07 (J/m²K)	
Superficie:	37,29 m²	3718,83 m²
U_{it}:	2,04 W/m² K	U _{lim} 0,56 W/m² K
U_{it}:	3,09 W/m² K	U _{lim} 2,3 W/m² K

Imagen 3.71 Estudio energético de la envolvente. Tipologías BA_T15. Elaboración propia

En general, los valores de transmitancia térmica se van reduciendo hacia las etapas constructivas más recientes. En la Imagen 3., se representa el análisis de las transmitancias térmicas de los elementos de la envolvente asociado a las etapas constructivas. El periodo posterior a la entrada en vigor de la normativa de obligado cumplimiento sobre las Condiciones Térmicas de los Edificios (NBE CT-79), etapa 1980-2006, presentan unos valores de transmitancia próximos a los del CTE, debido principalmente a que la primera redacción del CTE tuvo como base de partida la normativa Básica Española. La justificación de la mejora de la etapa Pre1900 respecto a la etapa 37-59, es debido principalmente al cambio en los sistemas constructivos. Se pasa de una construcción donde los muros son los protagonistas estructurales del sistema, realizándose muros de carga de mampostería principalmente, a sistemas más diáfanos con la implantación de las estructuras de HA. En estos casos el muro deja de tener la función de elemento estructural para pasar a ser un elemento de cerramiento, optimizando las ventajas de permitir mayores aperturas de huecos, para mejorar la iluminación y la ventilación, pero se deja de lado la mayor inercia térmica que aportaban los muros de mampostería. En consecuencia, se empieza a construir fachadas de fábrica de ladrillo, de una o dos hojas, pero sin aislamiento térmico.

Si se tienen en cuenta las distintas partes de la envolvente, se observa, Imagen 3.72, que la carpintería es el elemento más crítico, presentando altos valores de transmitancia térmica, pero bien es cierto que es el que menos incidencia tiene en la superficie total de la envolvente. Con la incorporación del acero en las carpinterías metálicas, en sustitución de las de madera, los valores de transmitancia se ven penalizadas. Si observamos los valores límites para el CTE-06 y

CTE-22 (última actualización), las mayores reducciones en el requerimiento se aplican, en primer lugar, a las carpinterías, pasa de un valor de 5.7 a 2.3 W/m²K, alrededor del 60%; y en segundo lugar a las fachadas, pasa de un valor de 1.07 a 0.56, alrededor de un 47%; seguido de la cubierta con un 25% aproximadamente.

Los valores límite para los forjados dependerá si está en contacto con el terreno (caso plantas bajas sin sótano 0.75 W/m²K) o con el exterior (caso de voladizos, 0.59 W/m²K). Es el elemento menos relevante, dado que, en la mayoría de las edificaciones, el uso residencial se encuentra en primera planta, siendo el uso de la planta baja comercial u otros servicios.

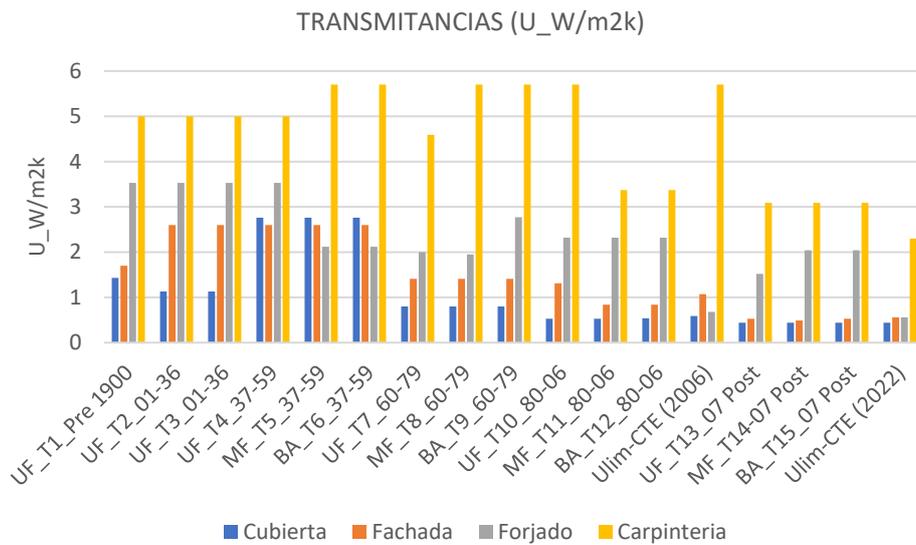


Imagen 3.72 Valores de transmitancias térmicas etapas constructivas/ envolvente. Elaboración propia

3.3.4 Estudio de ponderación en la mejora energética de la envolvente

Con el objeto de ponderar de manera adecuada las estrategias de intervención pasivas en la envolvente de los edificios, se procede a realizar el estudio energético sobre un edificio en particular, identificado como Arquetipo T6. Del estudio se obtienen los valores principales de los dos indicadores medioambientales (Consumo de energía primaria no renovable kWh/m²año y las Emisiones de Dióxido de Carbono kgCO₂/m²*año), que nos proporcionan las herramientas utilizadas para la realización de los Certificados Energéticos de Edificios. Se ha empleado una de las herramientas de certificación utilizadas para verificar el cumplimiento del CTE DB-HE, Herramienta Unificada Líder Calener (HULC). Obviamente, la dimensión del elemento envolvente será un factor determinante, siendo la fachada el elemento de mayor superficie. La parte correspondiente a los huecos de ventanas y puertas, carpintería, aun siendo menor, también se espera una alta repercusión por los materiales que habitualmente se emplean y los altos costes que supone el uso de unos materiales adecuados. La cubierta y suelo tendrán una repercusión menor en su totalidad, de manera global, pero será alta en las viviendas inmediatamente colindantes con estos elementos.

Para ello se plantea el estudio sobre uno de los arquetipos urbanos haciendo un supuesto de aplicación de propuestas de mejora, de forma que conozcamos la repercusión en los valores finales de comportamiento energético, Consumo de Energía (kWh/m²año) y Emisiones (KgCO₂/m²año) del edificio en función de la actuación de mejora. Estos datos serán obtenidos mediante simulación, y se han elegido tres supuestos de intervención.

s1_ Actuación de mejora en Fachada

- Sistema: SATE (sistema de Aislamiento térmico por exterior), considerando un espesor de lana de roca de 8 cm (en el futuro se valorarán otros indicadores ambientales relacionados con la huella de carbono, lo que resultará en conocer si la lana de roca es una mejor opción cuando el indicador medioambiental sea este).

s2_ Actuación de mejora en Fachada y Carpintería

- Fachada
- Sistema: Carpintería, PVC con un vidrio doble con cámara de aire (6+12+6)

s3_ Actuación de mejora en Fachada, Carpintería y Cubierta

- Fachada
- Carpintería
- Sistema: Cubierta plana, no ventilada, invertida y acabado ajardinada, que aun no siendo muy común es una opción o alternativa de futuro que además de aportar beneficios medioambientales también pueden contribuir en la creación de espacios comunes que mejoren las relaciones humanas y, por tanto, contribuya a optimizar el aspecto social de la sostenibilidad.

El caso de los edificios elegidos para este análisis, pertenecen a un conjunto residencial en el entorno urbano objeto de estudio que, con respecto a los Arquetipos obtenidos, correspondería al Arquetipo Urbano BA-T6 (37/59), construido a finales del periodo considerado, pero que por sus características constructivas precursoras podría encajar mejor en los arquetipos mayoritarios BA-T9 (60-79). Resulta representativo que se trata de un edificio que triplica el

número de viviendas que el mayor de su propio periodo y contiene mayor número de viviendas que cualquiera de los inmuebles de la etapa posterior. Observados los edificios de su entorno, puede apreciarse que sus características constructivas y de diseño arquitectónico son similares a la de la etapa posterior. El conjunto residencial está constituido por 14 inmuebles, de los cuales 9 tienen una orientación de sus fachadas Norte-Sur y los 5 restantes orientación Este-Oeste. La construcción de estos edificios, normativamente hablando, es incluso anterior a la normativa de 1955, Orden 12 de julio de 1955. Así pues, para una misma tipología de edificio se realizará el estudio energético en dos orientaciones distintas para así analizar el grado de repercusión de la orientación con los resultados de Consumo energético y emisiones de CO₂.

Parámetros establecidos para la certificación energética del edificio.

Los parámetros que determinarán la optimización del comportamiento energético del edificio serán, los valores de transmitancia térmica (U_W/m²K) de los elementos de la envolvente, aquellos que están en contacto con las condiciones ambientales del entorno, es decir, la fachada, la carpintería, la cubierta y el suelo en contacto con el terreno o el exterior o con espacios no acondicionados. Obviamente, la superficie o magnitud de cada uno de estos elementos también será determinante en los resultados. Los valores de transmitancias contemplados en el cálculo para el estudio previo corresponden al valor del estado actual del edificio y al valor de una mejora energética, Tabla 3.2.

Tabla 3.2 Valores de Transmitancias (U_W/m²K). Elaboración propia

	Transmitancia U (W/m ² K)	
	Estado Actual	Mejora Energética
FACHADA (Sistema SATE/MW)	2,31	0,32
CARPINTERIA (PVC/VD)	5,7	1,76
CUBIERTA (Ajardinada)	1,34	0,31

Con respecto a las medidas activas consideradas, para la producción de Agua Caliente Sanitaria (ACS), se empleará una caldera de gas, de potencia nominal de 10kw, T^a entrada agua de red 14.7°C, T^a de uso de 60°C y 1.120 l/d consumo agua. Se realiza una propuesta de suministro de energía con biomasa.

Resultados/discusión del estudio previo.

Se realiza la modelización de los dos edificios tomados como referencia para la realización de este estudio previo, incluyendo las condiciones de sombra para el edificio modelo 1 con orientación Este-Oeste. y modelo 2 con orientación Norte-Sur, Imagen 3.73 e Imagen 3.74.

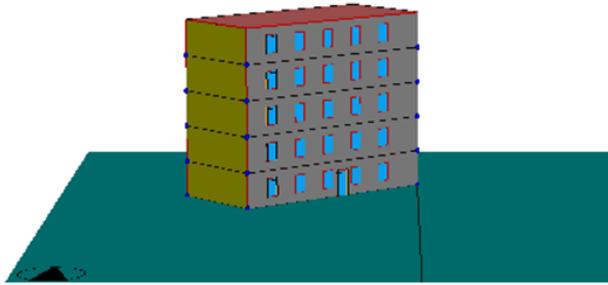


Imagen 3.73 Modelo 1. Orientación Este-Oeste

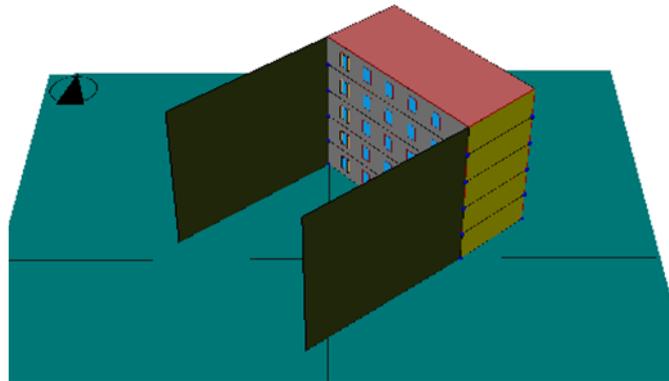
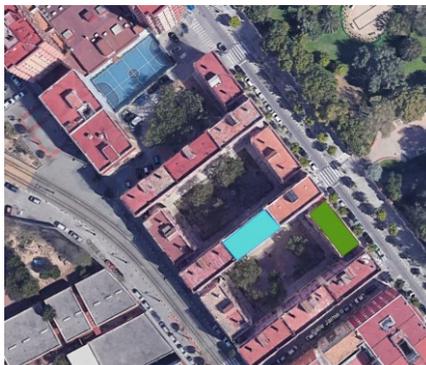


Imagen 3.74 Modelo 2. Orientación Norte-Sur

La certificación energética se ha realizado considerando cuatro supuestos de actuación, anteriormente descritos, con el objeto de ponderar el grado de mejora obtenido según el supuesto:

Supuesto 1: Estado Actual

Supuesto 2: Actuación en Fachada

Supuesto 3: Actuación en Fachada y Carpintería

Supuesto 4: Actuación en Fachada, Carpintería y Cubierta.

A continuación, se exponen los resultados obtenidos para cada uno de los supuestos.

Según se muestra en la Imagen 3.75, podemos observar los resultados obtenidos de Consumo de Energía Primaria no Renovable ($\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{año}$) y Emisiones de Dióxido de Carbono ($\text{kgCO}_2/\text{m}^2\cdot\text{año}$) para una orientación Este-Oeste (Modelo 1) y una orientación Norte-Sur (Modelo 2). En primer lugar, observamos que, para el caso elegido, los valores resultantes para cada uno de los modelos no han presentado grandes variaciones. Así pues, no se considerará relevante el parámetro de la orientación en análisis posteriores.

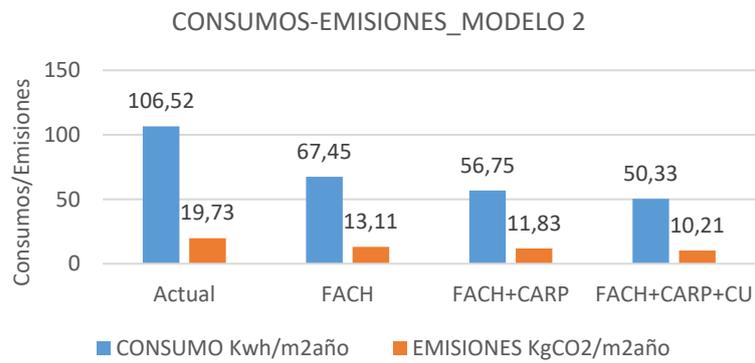
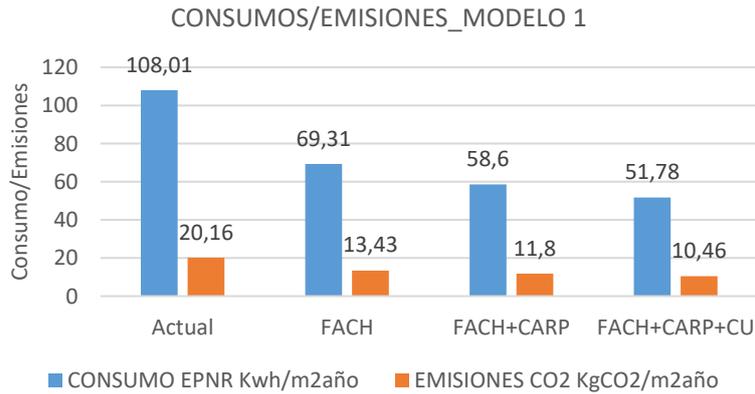


Imagen 3.75 Resultados Calificación Energética. Elaboración propia

En segundo lugar, se observa en la Imagen 3.76 que las mayores reducciones (casi el 70% del total de la reducción) tanto en Emisiones de CO₂ como en Consumos de Energía Primaria no Renovable (en adelante CEPNR) se producen en la actuación de la fachada, resultado en reducciones mayores cuando a la intervención en fachada se suman la carpintería (suponiendo entre un 17 a 19% del total de la reducción) y la intervención en la cubierta (aproximadamente un 12 y 13% de reducción del total). Es obvio que la fachada es el elemento de mayor magnitud de la totalidad de la envolvente del edificio, por lo tanto, la repercusión en la mejora energética será muy alta.

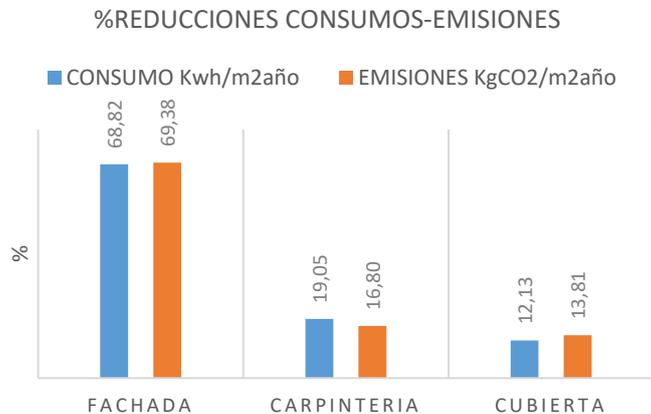


Imagen 3.76 Reducciones Consumos/Emisiones según elemento mejorado. Elaboración propia

Así pues, de los datos obtenidos se deducen los valores de ponderación, Imagen 3.77, que serán aplicados a las estrategias propuestas en los escenarios planteados en apartados posteriores. El peso de la propuesta de intervención en fachada corresponderá a un valor de 6.9 s/10, para la carpintería de 1.7 s/10 y para las cubiertas de 1.4 s/10. La parte de la envolvente correspondiente al suelo o forjado en contacto con el terreno no ha sido considerada, dado que la mayor representatividad edificatoria son los edificios en altura, cuyas plantas bajas están destinadas mayoritariamente a usos comerciales u otros servicios, así pues, a todas las viviendas de primera planta se las considerará en las mismas condiciones de contorno como al resto de las plantas. Obviamente en estudios más pormenorizados de los edificios, se entraría en más detalle en las condiciones de contorno.

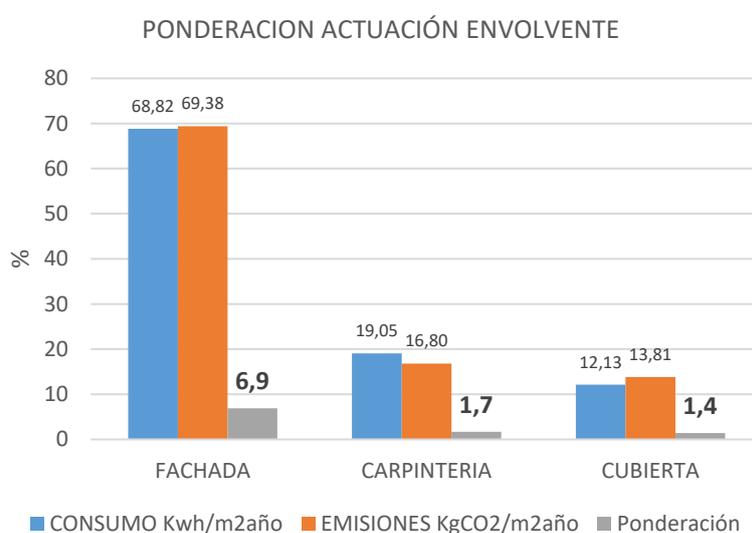


Imagen 3.77 Ponderación actuación envolvente. Elaboración propia

A partir de un edificio construido con un sistema de construcción tradicional, la mejora energética no solo va a depender de la intervención en la envolvente del edificio, mediante medidas pasivas, sino también se deberán aportar medidas activas que afronten la demanda de calefacción y refrigeración necesarios para alcanzar el confort térmico con la mínima inversión de energía y sobre todo cumplir con los requerimientos del CTE. No obstante, a la hora de elegir la fuente de energía, se pueden tomar opciones más sostenibles con el medio ambiente que no impliquen consumos energéticos de energía no renovable elevados. Considerando una actuación de mejora en cuanto a medidas activas (generación ACS), se ha realizado un supuesto 5 en el que, a partir de la actuación más integral, además se ha sustituido la caldera de gas natural por una de biomasa, resultando, obviamente, en una disminución notoria de los consumos energéticos y las emisiones de CO₂, con valores de reducción del 87%, según muestra la Imagen 3.78.

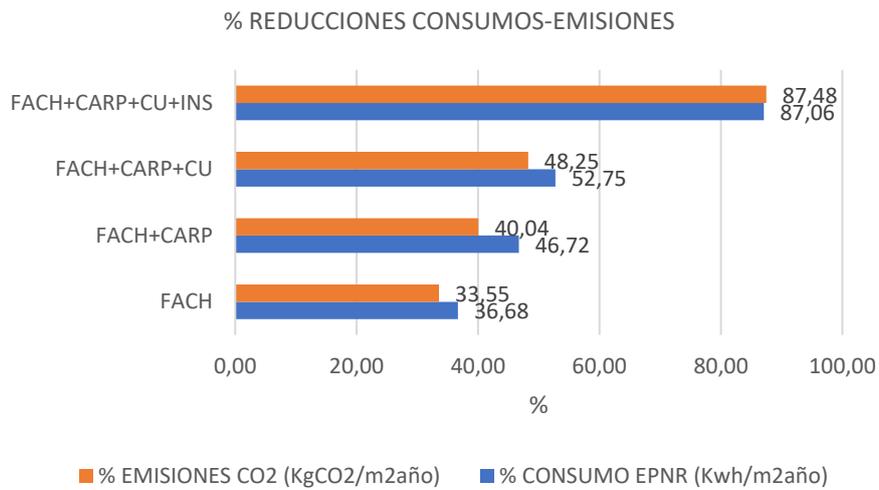


Imagen 3.78 Reducciones Consumos/Emisiones según elemento mejorado. Elaboración propia

No se contemplan otros análisis en los que se considere las mejoras en las medidas activas y algunos de los elementos de la envolvente, dado que la optimización de los resultados pasa por resolver en primer lugar el confort con la actuación pasiva de la envolvente, de forma que la demanda energética final a resolver mediante elementos mecánicos sea la mínima posible.

3.4 PROPUESTAS Y ESTRATEGIAS DE MEJORA ENERGETICA Y MEDIOMBIENTAL

3.4.1 Introducción

Entre las medidas de eficiencia energética en entornos urbanos podemos diferenciar según la escala de actuación, así pues, nos encontramos con la rehabilitación propia de los edificios, tanto a nivel pasivo como activo. Pasivamente mediante la intervención en la mejora de su envolvente, con la incorporación de aislamientos térmicos más eficientes y la reducción de las filtraciones, de forma que permitan controlar mejor las condiciones térmicas interiores de los edificios. Activamente, mediante la incorporación de sistemas de climatización tecnológicamente más eficientes, tanto en rendimientos como en consumos, además de la incorporación de intercambiadores de calor que mejoran el rendimiento de dichos sistemas. Cuando las medidas de mejora son a escala de barrio o distrito, se puede proponer la incorporación de tecnologías más avanzadas en cuanto a sistemas de generación de energía centralizada [92], utilizando sistemas que aplicados de forma individual serían muy costosos e inviables.

En este apartado se propone una metodología para proponer medidas o estrategias de mejora pasivas, aplicadas directamente en la envolvente del edificio. El objetivo final no tendrá en cuenta solamente el factor energético de funcionamiento del edificio, en cuanto a reducciones de demanda energéticas y emisiones de CO₂, por el hecho de haber mejorado la envolvente sino también la propia sostenibilidad de la estrategia adoptada, a partir de la cuantificación de los indicadores medioambientales de los materiales que intervienen.

En la actualidad, ya nadie cuestiona que son necesarias las políticas de fomento de la rehabilitación, están claras y desarrolladas a nivel europeo, estatal y local, más bien la discusión actual se centra en cómo llevar a cabo, con qué intensidad y ritmo, esas medidas para cumplir con los objetivos de las administraciones expresados en el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030 [124] en donde se señala literalmente *“Entre las medidas planteadas en él en este sentido, se da prioridad a la rehabilitación energética del parque edificado existente, en línea con los objetivos de la Agenda Urbana Española, que incluyen también la lucha contra pobreza energética y mejorar la accesibilidad”*[125].

Así pues, se requiere de un gran esfuerzo y ambición si se quiere alcanzar una rehabilitación efectiva del parque residencial obsoleto, aproximadamente del 50% de los edificios destinados a vivienda de uso habitual, construidos en etapas anteriores a la entrada en vigor de la normativa de NBE CT-79. Un estudio sobre la situación actual realiza un cálculo simplificado de los diferentes ritmos de rehabilitación y su efecto temporal sobre el parque residencial español. Como se observa en la Imagen 3.79, para una previsión de 6,9 millones de viviendas (cifra correspondiente al 50% de viviendas principales de uso habitual, construidas antes de 1979), al ritmo actual de rehabilitación, se tardarían alrededor de 276 años en finalizar el proceso.

Obviamente, la solución pasa por incrementar el ritmo actual, según propone el Grupo de Expertos por la Rehabilitación (GTR) [126], multiplicando por 10 para los próximos 30 años.

		RITMO ACTUAL ↓		RITMO PNIEC ↓	RITMO DESEABLE ↓
OBJETIVO	Objetivo N.º viviendas	25.000 viv/año	50.000 viv/año	120.000 viv/año	250.000 viv/año
7,5%	1.035.000	41,4 años	20,7 años	8,6 años	4,14 años
25%	3.450.000	138 años	69 años	28,75 años	13,8 años
50%	6.900.000	276 años	138 años	57 años	27,6 años

Imagen 3.79 Estudio de tiempos de rehabilitación del parque residencial español. Adaptada [114]

Así pues, es obvio el potencial rehabilitador en edificación existente en la actualidad, de ahí las estrategias políticas estatales, comunitarias o locales dentro de todo el marco estratégico sobre el cambio climático, con el objeto de facilitar el fomento y el acceso masivo a la rehabilitación energética de la edificación.

La presente tesis pretende aportar estrategias de rehabilitación energética, entendiendo esta desde distintos puntos de vista. Una mejora energética es acondicionar pasivamente un edificio para que requiera de un mínimo aporte energético que garantice su confort. Una mejora energética es garantizar que los materiales aportados durante el proceso no sean grandes consumidores de energía a la hora de su elaboración, garantizado una reducida huella de carbono. Una mejora energética es proponer sistemas constructivos industrializados, con las ventajas que ello implica, reducción de residuos, mejora de la calidad, entre otros. Una mejora energética es garantizar estrategias a largo plazo, que requieran escasas labores de mantenimiento y que garanticen un largo ciclo de vida. Una mejora energética es considerar el coste/beneficio como un factor a la hora de plantear la mejora, con el objeto de facilitar el acceso masivo a la rehabilitación energética (sumada a las estrategias políticas de financiación) mediante soluciones de bajo coste para hogares vulnerables [127].

3.4.2 Metodología

Los Arquetipos Urbanos resultantes del estudio, nos servirán como modelos de referencia para una toma de decisiones en las estrategias a adoptar en la mejora energética, medioambiental, y económica, así como en los escenarios a proponer según el alcance objetivo que se quiera plantear.

El capítulo se estructurará como sigue:

Parte I: Propuestas de mejora en base a criterios de referencia (apartado 3.4.3).

Así pues, tras analizar los sistemas constructivos empleados en cada uno de los arquetipos y conocer su estado energético de partida, se plantearán unas propuestas de intervención de

mejora en los principales elementos de la envolvente del edificio, es decir, la fachada, la cubierta, y los huecos. Las propuestas de intervención o soluciones constructivas planteadas darán respuesta a las exigencias normativas actuales del Código Técnico de la Edificación (apartado 3.4.3.1).

Los resultados se presentarán en forma de Fichas informativas para cada una de las propuestas (apartado 3.4.3.2).

Para cada una de las propuestas se obtendrán una serie de indicadores medioambientales y económicos, que nos permitirán evaluar de forma cuantitativa el grado de sostenibilidad alcanzado en la intervención, realizando el análisis de estos (apartado 3.4.3.3 y apartado 3.4.3.4).

Parte II: Estrategias de intervención de mejora (apartado 3.4.4).

De la combinación optimizada de los indicadores de evaluación de la sostenibilidad de las diferentes propuestas, se plantearán unas estrategias de intervención de mejora de la envolvente del edificio, permitiendo este análisis de datos facilitar la toma de decisiones y plantear escenarios de actuación. Se propone una metodología de análisis multicriterio para evaluar la optimización de las estrategias.

Parte III: Estudio de caso de aplicación de estrategias optimizadas (apartado 3.5).

En el estudio del caso se trata de realizar un análisis de aplicación, a nivel edificio, de estrategias optimizadas a partir de la combinación de los indicadores de sostenibilidad, partiendo del estudio energético del estado actual de un edificio

Parte IV: Análisis urbano (apartado 3.6).

Este apartado hace un planteamiento de evaluación de la sostenibilidad a escala urbana, partiendo de propuestas diseñadas en estudios previos analizados con el fin de proponer escenarios de actuación de mejora.

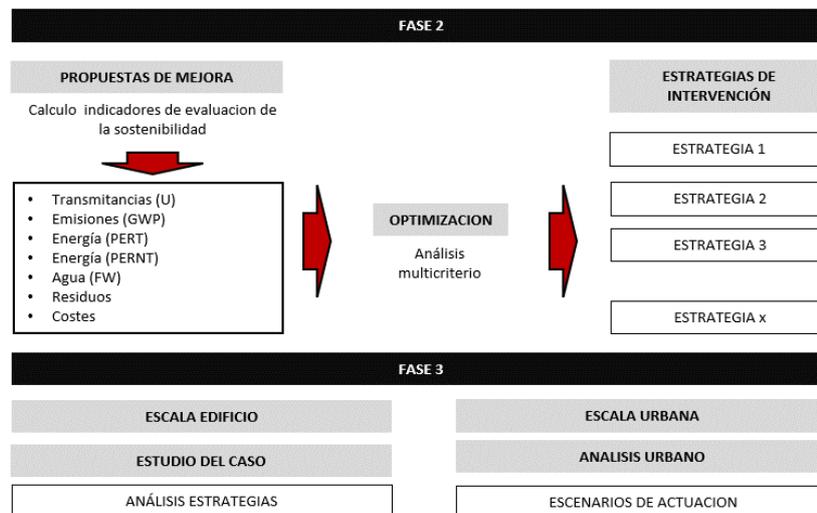


Imagen 3.80 Metodología de mejora energética y medioambiental en el barrio. Elaboración propia

Cada arquetipo urbano parte de unas condiciones de transmitancia térmica de los elementos de la envolvente, dado que presentan soluciones constructivas específicas al periodo constructivo o bien al tamaño del edificio, (ambas variables son las principales que se han tenido en cuenta a la hora de clasificar los arquetipos). Así pues, las soluciones constructivas, aun siendo similares para todas las tipologías en cuanto a la propia composición del sistema constructivo planteado, tendrían una variabilidad en lo que respecta a espesores de aislamientos térmicos, dado que son los que principalmente van a determinar si el sistema cumple con los valores de Transmitancia (U) requeridos por la normativa (CTE).

Para el estudio se toma como modelo de referencia el Arquetipo Urbano BA_T9_60-79, dado que es el más representativo de todos los edificios, no solo del barrio objeto de estudio, sino en general, según los estudios previos realizados. Este AU, representa aproximadamente el 37% del parque edificado en España, siguiéndole el arquetipo BA_T12_80-06 y estando el resto de las tipologías en porcentajes bastante menores.

3.4.3 Propuestas de actuación de mejora

Los parámetros considerados en las propuestas de intervención atenderán a diversos aspectos que posteriormente serán objeto de análisis, siendo:

- Optimizar la mejora energética del edificio en al menos dos letras según directrices normativas, a partir del estado actual del edificio según el arquetipo considerado.
- Valorar los indicadores de impacto ambiental de ACV en las etapas A1 (Suministro de materias primas), A2 (transporte de materias primas), A3 (fabricación del producto), A4 (transporte del producto) y A5 (proceso de instalación del producto y construcción). Los datos serán obtenidos a partir del Generador de Precios de CYPE. Del estudio de análisis de ciclo de vida resultante para cada propuesta de actuación, el informe resultante presenta los valores de los indicadores de impacto, así como los valores de usos de recursos, en el presente estudio se tendrán en cuenta los siguientes indicadores de impacto y usos de recursos:
 - GWP (*Global Warming Potential*), potencial de calentamiento global (CO₂eq (kg)).
 - PERT, uso total de energía primaria renovable (MJ).
 - PERNRT, uso total de energía primaria no renovable (MJ).
 - FW, uso neto de recursos de agua corriente (m³)
- Tener en cuenta una tasación, aunque esta sea una variable insegura e inestable con el tiempo, dependiendo de la coyuntura económica del momento.
- Considerar estrategias de intervención por el exterior, en las que evite el desalojo de las viviendas.

Hay que tener en cuenta que las propuestas de intervención en cada una de las partes de la envolvente pueden ser ilimitadas y consecuentemente su combinación. Así pues, se han propuesto una relación suficiente tal que permita validar la metodología propuesta, de forma que se optimice la mejora energética al mismo tiempo que se reduzca el impacto ambiental de la estrategia.

3.4.3.1. Aspectos constructivos y energéticos de referencia

En la elección de las propuestas de intervención se tendrán como referente los sistemas constructivos que se contemplan en la normativa de obligado cumplimiento española, Código Técnico de la Edificación (CTE). Con la aparición del CTE, el Ministerio de Fomento desarrolla el denominado “*Catálogo de Elementos Constructivos del CTE*” [128], se trata de un documento inscrito en la Sección 1ª del Registro General de Documentos reconocidos del CTE. Las imágenes Imagen 3.81, Imagen 3.82, Imagen 3.83 han sido extraídas del Catálogo de Elementos Constructivos, es una base de datos en progreso y su contenido se actualiza a medida que se dispone de nuevos datos, recogen posibles soluciones de intervención en edificios.

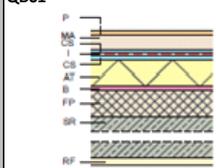
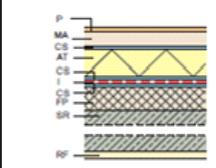
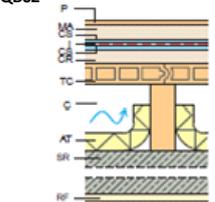
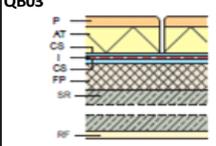
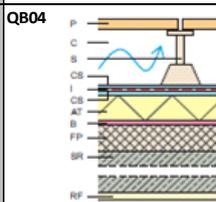
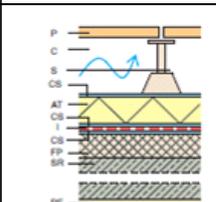
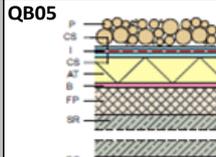
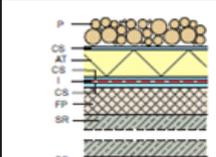
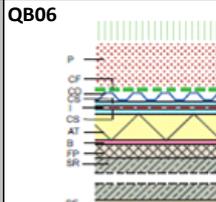
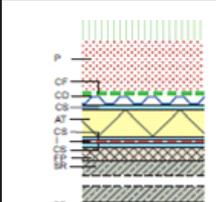
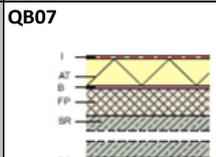
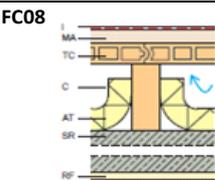
		NO VENTILADA		VENTILADA	
		CONVENCIONAL	INVERTIDA	CONVENCIONAL	
CUBIERTA PLANA	PAVIMENTO FIJO	QB01 		QB02 	
	PAVIMENTO FLOTANTE	BALDOSAS+AT		QB03 	
		SOBRE PLOTS	QB04 		
	GRAVA	QB05 			
	AJARDINADA	QB06 			
	AUTOPROTEGIDA	QB07 		FC08 	

Imagen 3.81 Tipos funcionales de Cubiertas Planas según Hispalyt/Catálogo de soluciones cerámicas para el cumplimiento CTE. Adaptada [116]

			NO VENTILADA		VENTILADA
			CONVENCIONAL	INVERTIDA	CONVENCIONAL
CUBIERTA INCLINADA	SOPORTE RESISTENTE INCLINADO	TEJADO	QB09 		QB10
		AUTOPROTEGIDA	QB11 		
	SOPORTE RESISTENTE HORIZONTAL	TEJADO			QB12
		CON TABLERO CERAMICO APOYADO EN VIGAS O CERCHAS	TEJADO SOBRE TABLERO SENCILLO	QB13 	
	CON TABLERO CERAMICO APOYADO EN VIGAS O CERCHAS	TEJADO SOBRE DOBLE TABLERO	QB14 		
		AUTOPROTEGIDA	QB15 		

Imagen 3.82 Tipos funcionales de Cubiertas Inclinas según Hispalyt/Catálogo de soluciones cerámicas para el cumplimiento CTE. Adaptada [116]

SIN CAMARA DE AIRE				
1 HOJA CON AT		2 HOJAS		1 HOJA
Hoja ppal de 1/2 pie		Hoja ppal de 1 pie		Hoja ppal de 1 pie
VISTA			FC01 	FC02
REVESTIMIENTO CONTINUO	FC03 	FC04 	FC05 	FC06
REVESTIMIENTO DISCONTINUO			FC08 	FC09
				FC10

CON CAMARA DE AIRE VENTILADA				
1 HOJA CON AT		2 HOJAS		1 HOJA
Hoja ppal de 1/2 pie		Hoja ppal de 1/2 pie		Hoja ppal de 1 pie
		Cámara por interior de la hoja ppal	Cámara por exterior de la hoja ppal	
Vista		FC23 		
Revestimiento continuo		FC24 		
Revestimiento discontinuo	FC25 	FC26 	FC27 	FC28

Imagen 3.83 Tipos funcionales de Fachadas según Catálogo de soluciones cerámicas para el cumplimiento CTE. Adaptada [116]

En el Catálogo se hace una clasificación de tipos funcionales de cubiertas y fachadas, donde se recopila información sobre los materiales, las prestaciones higrotérmicas y acústicas de elementos constructivos genéricos y de especificidades constructivas, relativas a exigencias básicas del CTE, de forma que el proyectista calcule las dimensiones finales de los aislamientos), con el fin de cumplir los requerimientos climáticos de la zona objeto de estudio. La última actualización de este documento se realizó en 2011, pero se considera de consulta para el desarrollo de herramientas de apoyo al CTE. Son cuantiosas las posibilidades que se presentan a la hora de plantear soluciones constructivas a cada uno de los elementos de las envolventes, dependiendo del tipo funcional de que se trate, del material de la hoja de soporte (tipo y espesores), del revestimiento exterior y por supuesto de la zona climática de la que se trate.

Dado que el objeto del presente trabajo es plantear propuestas de rehabilitación energéticas sobre edificios existentes, se prestará atención a aquellas del Catálogo de EC del CTE, que puedan resultar menos invasivas a la hora de su puesta en obra, actuaciones exteriores, de modo que permitan al usuario permanecer en la vivienda durante su intervención

Para el caso particular de las cubiertas, las propuestas de intervención de mejora que se propongan estarán dentro de la estructura de los sistemas que se presentan en CTE. El Catálogo de EC (CTE) aporta unas referencias sobre las características higrométricas de los elementos constructivos que se han calculado basándose en valores conservadores de cada uno de sus componentes, ello implica que son valores válidos cuando se realicen elementos similares. Se tomarán estas referencias para hacer las propuestas de intervención de mejora energética en los edificios. Para el caso de cubiertas planas, se puede observar en la Tabla 3.3, que los valores de transmitancia térmica (U_{W/m^2K}), para una misma tipología y espesor de aislamiento térmico y por tanto un mismo valor de Resistencia Térmica (R_{AT}), las opciones que mejoran el comportamiento térmico serían, en primer lugar, la Tipo 7 (No Transitable/No ventilada/Ajardinada), siendo las de menor rendimiento las Tipo 6 (No Transitable/No ventilada/Autoprotegida). No obstante, la solución es adaptable en materiales y espesores para buscar el óptimo.

Tabla 3.16 Transmitancia térmica en sistemas de cubierta plana según el Catálogo EC-CTE. Elaboración propia

TIPO DE CUBIERTA	U (W/m ² K) TRANSMITANCIA TÉRMICA
TRANSITABLE-NO VENTILADA (S/CAMARA), SOLADO FIJO (Convencional o Invertida)	$1/(0,55+R_{AT})$
TRANSITABLE-NO VENTILADA (S/CAMARA), SOLADO FLOTANTE (Invertida)	$1/(0,53+R_{AT})$
TRANSITABLE -VENTILADA, SOLADO FIJO (Convencional)	$1/(0,75+R_{AT})$
TRANSITABLE VENTILADA SOLADO FLOTANTE (Convencional o Invertida)	$1/(0,57+R_{AT})$
NO TRANSITABLE-NO VENTILADA-ACABADO GRAVA (Convencional o InvertidaA)	$1/(0,57+R_{AT})$
NO TRANSITABLE-NO VENTILADA-AUTOPROTEGIDA	$1/(0,51+R_{AT})$
NO TRANSITABLE-NO VENTILADA-AJARDINADA (Convencional o Invertida)	$1/(0,10+R_{AT})$
NO TRANSITABLE- VENTILADA-AUTOPROTEGIDA	$1/(0,71+R_{AT})$

En el caso particular del elemento envolvente tipo fachada, el CTE plantea distintos tipos funcionales que dan lugar a una variedad importante de sistemas constructivos distintos, Tabla 3.4, y si especificamos materiales dicha diversidad aumenta. Obviamente, la variedad se reduce cuando se trata solamente de proponer estrategias sobre construcciones existentes, en el caso de rehabilitación.

Tabla 3.4 Sistemas de Fachadas según el Catálogo de Elementos Constructivos CTE. Elaboración propia

TIPOS DE FACHADAS						
VENTILADAS	HOJA PRINCIPAL DE FÁBRICA PARA REVESTIR	LADRILLO CERÁMICO BLOQUE DE HORMIGÓN LADRILLO DE HORMIGÓN				
	SIST. AUTOPORTANTE	ENTRAMADO				
	SUBESTRUCTURA SOPORTE	SUSTENTACIÓN PLACAS PIEDRA NATURAL O GRES				
	REVESTIMIENTO EXTERIOR		HPL YESO LAMINADO PLACAS DE CEMENTO CERÁMICO PLACAS COMPACTAS MINERALES CON POLÍMEROS PLACAS DE LANA MINERAL METÁLICO (ACERO, ZINCTITANIO) PLACAS DE PIEDRA NATURAL PLACAS DE H. POLÍMERO LAMAS DE FIBROCEMENTO SIN AMIANTO PANELES DE COMPOSITE LAMAS DE MADERA LAMAS DE MADERA TECNOLÓGICA PANELES DE MADERA Y CEMENTO AUTOPORTANTE Y PASANTE DE C.V.			
		ETICS (SATE)		HOJA PRINCIPAL DE LADRILLO CERÁMICO O BLOQUE HOJA PRINCIPAL DE HORMIGÓN HOJA PRINCIPAL DE LADRILLO DE HORMIGÓN HOJA PRINCIPAL DE BLOQUE ALIGERADO		
			FÁBRICA NO ESTRUCTURAL		CARA VISTA DOS HOJAS UNA HOJA PARA REVESTIR DOS HOJAS PARA REVESTIR	
				FÁBRICA ESTRUCTURAL		MUROS DE FÁBRICA SIN ARMAR MUROS DE FÁBRICA ARMADA MUROS DE FÁBRICA CONFINADA
					LIGERAS	METÁLICAS
			PANELES AISLANTES CON MALLA DE ACERO PANELES DE GRC			
		SISTEMA FACHADA LIGERA	DE PLACAS DE PANELES SÁNDWICH			
		PESADAS	PANELES PREFABRICADOS HORMIGÓN	ARMADO PRETENSADO		
			PANELES ARQUITECTÓNICOS DE HORMIGÓN ARMADO	CON CEMENTO FOTOCATALÍTICO		
		MUROS CORTINA		DE ALUMINIO		
		MUROS BIOCLIMÁTICOS		BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA BLOQUES DE CÁÑAMO		
			ACRISTALADA		SIN PERFILES VERTICALES CON PERFILES EN "U" DE VIDRIO IMPRESO BLOQUES DE VIDRIO MOLDEADO	
AJARDINADA	SUBESTRUCTURA SOPORTE Y VEGETACIÓN EXTERIOR	AJARDINAMIENTO VERTICAL CON CULTIVO HIDROPÓNICO EN GEOPRODUCTOS				

Como puede observarse en la Tabla 3.5, las posibles combinaciones de resolución de fachadas son considerables si además incluimos las variables tales como, tipo de material, espesores y sus correspondientes valores de conductividad térmica propios (λ , W/mK).

Tabla 3.5 Transmitancias (U) de Sistemas de Fachadas según el Catálogo de Elementos Constructivos CTE. Elaboración propia

TIPOS DE FACHADAS			
SIN CÁMARA DE AIRE O CÁMARA NO VENTILADA	AISLAMIENTO POR EL INTERIOR	1. FACHADA HOJA PRINCIPAL DE FÁBRICA VISTA (4.2.1)	1/(0,72+RAT)
		2. FACHADA HOJA PRINCIPAL DE FÁBRICA CON REVESTIMIENTO CONTÍNUO (4.2.3)	1/(1,48+RAT)
		3. FACHADA HOJA PRINCIPAL DE FÁBRICA CON REVESTIMIENTO DISCONTÍNUO (4.2.6)	1/(1,07+RAT)
	AISLAMIENTO POR EL EXTERIOR	1. FACHADA HOJA PRINCIPAL DE FÁBRICA CON REVESTIMIENTO CONTÍNUO (4.2.4)	1/(0,77+RAT)
CON CÁMARA DE AIRE VENTILADA	AISLAMIENTO POR EL INTERIOR	1. FACHADA HOJA PRINCIPAL DE FÁBRICA VISTA (4.2.2)	1/(0,45+RAT)
		2. FACHADA HOJA PRINCIPAL DE FÁBRICA CON REVESTIMIENTO CONTÍNUO (4.2.5)	1/(0,45+RAT)
		3. FACHADA HOJA PRINCIPAL DE FÁBRICA DE LADRILLO O BLOQUE CON REVESTIMIENTO CONTÍNUO (4.2.7)	1/(0,63+RAT)
	AISLAMIENTO POR EL EXTERIOR	1. FACHADA HOJA PRINCIPAL DE FÁBRICA DE LADRILLO CON REVESTIMIENTO DISCONTÍNUO (4.2.8)	1/(0,97+RAT)
	FACHADA LIGERA VENTILADA (4.2.10)	1/(0,54+RAT)	
FACHADA DE ENTRAMADO ESTRUCTURAL DE MADERA (4.2.15)	1,38 / (1,07+RAT)		
SIN CÁMARA DE AIRE Y SIN AISLAMIENTO	FACHADA HOJA PRINCIPAL DE FÁBRICA DE LADRILLO CON REVESTIMIENTO CONTÍNUO (4.2.9)		DE 0,88 A 1,15
NO VENTILADA	PANEL SÁNDWICH CON ALMA AISLANTE	FACHADA LIGERA NO VENTILADA (4.2.11)	1/(0,63+RPS+RAT)
	AISLAMIENTO POR EL INTERIOR	FACHADA DE PANELES PREFABRICADOS DE HORMIGÓN (4.2.12)	1/(0,59+RAT)
		FACHADA DE HORMIGÓN VISTO, ARMADO IN SITU (4.2.13)	1/(0,62+RAT)
		FACHADA DE PANELES INDUSTRIALIZADOS DE GRC (4.2.14)	1/(0,55+RAT)
MURO CORTINA (4.2.16)	UVA (Unidad de vidrio aislante)		DE 3,6 A 3,11
	Cámara de aire ventilada		

3.4.3.2. Resultados de las propuestas de intervención

Para justificar/demostrar la metodología planteada en el presente trabajo se van a realizar unas propuestas representativas de sistemas constructivos a aplicar en la rehabilitación, con los criterios planteados anteriormente. Es objeto de posibles futuros trabajos, el desarrollo de una base de datos lo suficientemente extensa en soluciones constructivas, que permitan una mejor elección del sistema, dependiendo de la variable a potenciar/estudiar y más ajustada al caso de aplicación, ya sea la tipología constructiva/arquetipo urbano o la zona climática.

En base a los estudios y análisis previos realizados, se propone una relación de soluciones constructivas en cubiertas, fachadas y carpinterías, a partir del estado actual de la envolvente de los 15 Arquetipos Urbanos obtenidos, tal que su aplicación mejore la eficiencia energética de los mismos adaptándose a su vez al CTE.

Se han realizado propuestas de intervención en fachada considerando dos criterios, fachada de una hoja (correspondiente a los arquetipos de mayor antigüedad, UF_T1_Pre1900 hasta BA_T6_37-59) o fachadas de dos hojas (para los arquetipos UF_T7_60-79 a BA_T15_07-Post, correspondientes a etapas constructivas más recientes). Con criterios similares a la fachada se han hecho las propuestas de Cubiertas, distinguiendo en cubiertas inclinadas (correspondiente, en mayoría, a los arquetipos de mayor antigüedad, UF_T1_Pre1900 hasta BA_T6_37-59 y UF_T13_07-Post) y las cubiertas planas para el resto.

En una primera idea al planteamiento de propuestas de intervención, se propone una relación de sistemas constructivos para fachadas, cubiertas y huecos (carpintería+vidrio), concluyendo en 32 opciones combinables entre sí, Tabla 3.6 Descripción de la codificación adoptada. Elaboración propia.

6jError! No se encuentra el origen de la referencia..

Para cada una de las propuestas se realiza el cálculo de los parámetros energéticos, medioambientales y económicos, que van a ser determinantes a la hora de elegir la mejor estrategia de intervención. Se ha utilizado la versión campus de CYPE Ingenieros S.A., para la obtención del coste, así como los datos de ACV.

- **U W/(m²K)**, Transmitancia térmica del sistema
- **GWP total CO₂ eq. (kg)**, Potencial de calentamiento global (PCG)
- **GWP A1, A2, A3**, PCG para las fases de suministro y transporte de materias primas (A1 y A2) y fabricación del producto (A3)
- **GWP A4**, PCG para la fase de transporte de producto
- **GWP A5**, PCG para la fase de proceso de instalación del producto y construcción
- **PERT (MJ)**, Uso total de energía primaria renovable
- **PERNRT (MJ)**, Uso total de energía primaria No renovable
- **FW (M³)**, Uso neto de recursos de agua corriente
- **RESIDUOS (Kg/m²)**, Residuos generados
- **ENVASES (Kg/m²)**, Residuos generados en envases
- **RESIDUOS TOTALES (Kg/m²)**, Residuos totales
- **Coste (€/m²)**, Coste total del sistema constructivo

Los arquetipos han sido determinados teniendo en cuenta, principalmente, la etapa constructiva del inmueble y las alturas que lo componen. Obviamente, las etapas determinan a su vez el sistema constructivo empleado en cada época, por lo que las intervenciones de mejora propuestas se adaptan a las tipologías obtenidas. Así pues, en base al punto de partida de cada uno de los 15 Arquetipos, que representan el parque edificado, se adaptan las propuestas de mejora. Es decir, un mismo sistema constructivo, formará parte de diversas propuestas, presentando variaciones ajustadas al arquetipo en cuestión.

Para cada Arquetipo se ha realizado un análisis constructivo y energético de los elementos de su envolvente, de forma que es conocida la composición y transmitancia térmica del elemento. A partir de estas condiciones, se proponen diversas soluciones constructivas de mejora, que nos darán distintos valores de transmitancias térmicas finales, en todos los casos el objetivo es alcanzar los valores requeridos por el CTE.

Dado que el objetivo del trabajo no solo es la mejora energética sino también que las propuestas sean los más sostenibles posible medioambientalmente, en el siguiente apartado, para cada una de las soluciones se tendrán en cuenta los indicadores ambientales del ACV, de las soluciones constructivas propuestas. Se ha utilizado la versión campus de CYPE Ingenieros S.A., para la obtención del coste, así como los datos de ACV.

La información constructiva estará agrupada por bloques de Arquetipos Urbanos que compartan el sistema constructivo de partida, siendo un total de ocho Bloques:

1. UF_T1: corresponde a la etapa Previa a 1900
2. UF_T2_ y UF_T3: corresponde a la etapa 1900-1936
3. UF_T4: corresponde a la etapa 1937-1959
4. MF_T5: corresponde a la etapa 1937-1959
5. BA_T6: corresponde a la etapa 1937-1959
6. UF_T7, MF_T8 y BA_T9: corresponden a la etapa 1960-1979

7. UF_T10: corresponde a la etapa 1980-2006
8. MF_T11 y BA_T12: corresponde a la etapa 1980-2006
9. UF_T13, MF_T14 y BA_T15: corresponde a la etapa 2007 y Posterior

En la Tabla 3.6 se muestra la descripción de los códigos empleados para definir las propuestas y las estrategias a llevar a cabo en la mejora de la envolvente de los edificios.

Tabla 3.6 Descripción de la codificación adoptada. Elaboración propia

FACHADA 1		FACHADA 2		SISTEMA	Descripción	
HOJA	HOJAS	HOJAS	HOJAS			
F1	F2	F2	F2	S	SATE. EPS (Poliestireno Expandido)	
F1	F2	F2	F2	SG	SATE. EPS-G (Grafito)	
F1	F2	F2	F2	SW	SATE. LANA MINERAL MW	
F1	F2	F2	F2	SC	SATE. CORCHO.	
F1	F2	F2	F2	VW	Fachada Ventilada. LANA MINERAL	
F1	F2	F2	F2	VQ	SATE+ paneles cemento. LANA MINERAL.	
F1	F2	F2	F2	I	LANA MINERAL mediante insuflación por el exterior	
CUBIERTA PLANA				SISTEMA	Descripción	
				CP	FB	INVERTIDA BALDOSA FLOTANTE DREN
				CP	AJ	INVERTIDA AJARDINADA EXTENSIVA
				CP	FP	INVERTIDA PAVIMENTO FLOTANTE PLOTS
				CP	GR	INVERTIDA TERMINACIÓN GRAVAS
CUBIERTA INCLINADA				SISTEMA	Descripción	
				CI	T	SISTEMA RASTRELADO Y PANEL MW SOBRE TABLERO FIBRAS
				CI	BJ	SISTEMA INDUSTRIALIZADO DE PANEL CON AT SOBRE ESTRUCTURA PORTANTE
				CI	OD	SISTEMA INDUSTRIALIZADO DE PLACA ONDULADA BT Y PANEL CON AT
CARPINTERIA				SISTEMA	Descripción	
				CR-AL	METALICA	ALUMINIO CON ROTURA DE PUENTE TERMICO
				CR-PVC	PVC	TRES CAMARAS
				CR-MD	MADERA	DENSIDAD MEDIA
VIDRIOS				SISTEMA	Descripción	
				V-D	DOBLES	BAJO EMISIVOS CAMARA DE AIRE
				V-Dar	DOBLES	BAJOS EMISIVOS Y CON CÁMARA DE ARGÓN

Resultando un total de 63 propuestas de fachadas y cubiertas según arquetipos y seis propuestas de carpintería y vidrio, igual para todos los arquetipos., distribuidas según se muestra en la Tabla 3.7 y 3.8. Todas las propuestas planteadas garantizan que, la envolvente cumple con las transmitancias que exige la norma, a partir del estado actual del edificio.

Tabla 3.7 Cuadro resumen de asignación de propuestas y transmitancias (U) según arquetipos. Elaboración propia

BLOQUE	CODIGO PROPUESTAS	U W/(m2K)
BLOQUE 1 Etapa Pre1900 UF-T1-pre1900	T1- F1-S	0,5
	T1- F1-SG	0,36
	T1- F1-SW	0,5
	T1- F1-SC	0,54
	T1- F1-VW	0,47
	T1- F1-VQ	0,37
	T1- CI-T	0,42
	T1- CI-BJ	0,33
	T1- CI-OD	0,39
	CR_AL/V_D	1,87
	CR_AL/V_Dar	1,73
	CR_PVC/V_D	1,45
	CR_PVC/V_Dar	1,31
	CR_MD/V_D	1,51
	CR_MD/V_Dar	1,37
	2,19%	
BLOQUE 2 Etapa 01-36 UF-T2-01/36 UF-T3-01/37	T2/T3- F1-S	0,55
	T2/T3- F1-SG	0,45
	T2/T3- F1-SW	0,55
	T2/T3- F1-SC	0,52
	T2/T3- F1-VW	0,52
	T2/T3- F1-VQ	0,39
	T2/T3- CI-T	0,35
	T2/T3- CI-BJ	0,31
	T2/T3- CI-OD	0,42
	CR_AL/V_D	1,87
	CR_AL/V_Dar	1,73
	CR_PVC/V_D	1,45
	CR_PVC/V_Dar	1,31
	CR_MD/V_D	1,51
	CR_MD/V_Dar	1,37
	6,23%	
BLOQUE 3 Etapa 37-59 UF-T4-37/59 MF-T5-37/59 BA-T6-37/59	T4/T5/T6- F1-S	0,55
	T4/T5/T6- F1-SG	0,36
	T4/T5/T6- F1-SW	0,55
	T4/T5/T6- F1-SC	0,52
	T4/T5/T6- F1-VW	0,52
	T4/T5/T6- F1-VQ	0,39
	T4/T5/T6- CI-T	0,36
	T4/T5/T6- CI-BJ	0,32
	T4/T5/T6- CI-OD	0,35
	CR_AL/V_D	1,87
	CR_AL/V_Dar	1,73
	CR_PVC/V_D	1,45
	CR_PVC/V_Dar	1,31
	CR_MD/V_D	1,51
	CR_MD/V_Dar	1,37
	12,38%	

Tabla 3.8 Cuadro resumen de asignación de propuestas y transmitancias (U) según arquetipos. Elaboración propia

BLOQUE	CODIGO PROPUESTAS	U W/(m2K)	
BLOQUE 4 Etapa 60-79	T7/T8/T9- F2-S	0,49	
	T7/T8/T9- F2-SG	0,34	
	T7/T8/T9- F2-SW	0,47	
	T7/T8/T9- F2-S	0,5	
	UF-T7-60/79	T7/T8/T9- F2-VW	0,44
	MF-T8-60/79	T7/T8/T9- F2-VQ	0,36
	BA-T9-60/79	T7/T8/T9- CP-FB	0,4
		T7/T8/T9- CP-AJ	0,39
		T7/T8/T9- CP-FP	0,38
		T7/T8/T9- CP-GR	0,4
		CR_AL/V_D	1,87
		CR_AL/V_Dar	1,73
		CR_PVC/V_D	1,45
		CR_PVC/V_Dar	1,31
		CR_MD/V_D	1,51
	47,81%	CR_MD/V_Dar	1,37
	BLOQUE 5 Etapa 80-06	T10/T11/T12- F2-S	0,47
T10/T11/T12- F2-SG		0,34	
T10/T11/T12- F2-SW		0,46	
T10/T11/T12- F2-SC		0,52	
UF-T10-80/06		T10/T11/T12- F2-VW	0,43
MF-T11-80/06		T10/T11/T12- F2-VQ	0,35
BA-T12-80/06		T10/T11/T12- CP-FB	0,32
		T10/T11/T12- CP-AJ	0,31
		T10/T11/T12- CP-FP	0,3
		T10/T11/T12- CP-GR	0,4
		CR_AL/V_D	1,87
		CR_AL/V_Dar	1,73
		CR_PVC/V_D	1,45
		CR_PVC/V_Dar	1,31
		CR_MD/V_D	1,51
21,85%		CR_MD/V_Dar	1,37
BLOQUE 6 Etapa 07Post		T13/T14/T15- F2-S	0,32
	T13/T14/T15- F2-SG	0,3	
	T13/T14/T15- F2-SW	0,32	
	T13/T14/T15- F2-SC	0,33	
	UF-T13/07Post	T13/T14/T15- F2-VW	0,36
	MF-T14-07Post	T13/T14/T15- F2-VQ	19,169
	BA-T15-07Post	T13/T14/T15- CP-FB	0,32
		T13/T14/T15- CP-AJ	0,31
		T13/T14/T15- CP-FP	0,3
		T13/T14/T15- CP-GR	0,32
		CR_AL/V_D	1,87
		CR_AL/V_Dar	1,73
		CR_PVC/V_D	1,45
		CR_PVC/V_Dar	1,31
		CR_MD/V_D	1,51
	9,54%	CR_MD/V_Dar	1,37

Las 63 propuestas indicadas en tabla anterior se pueden resumir en 20, según se indica en la Tabla 3.9, pues, aunque cada una de las propuestas están calculadas de forma particular para cada arquetipo, el sistema constructivo final es muy similar. Hay pequeñas variaciones entre las propuestas que obedecen al ajuste dimensional, principalmente del aislamiento térmico, con el objeto de cumplir la transmitancia térmica requerida por la normativa de obligado cumplimiento (CTE).

Tabla 3.9 Propuestas de mejora energética resultantes. Elaboración propia.

UF-T1/T2/T3/T4 MF-T5 BA-T6	UF-T7/T10 MF-T8/T11 BA-T9/T12	UF-T1/T2/T3/T4 MF-T5 BA-T6	UF-T7/T10/T13 MF-T8/T11/T14 BA-T9/T12/T15
CUBIERTA INCLINADA	CUBIERTA PLANA	FACHADA UNA HOJA	FACHADA DOS HOJAS
Propuesta 1: CI-T	Propuesta 1: CP-FB	Propuesta 1: F1-S	Propuesta 1: F1-S
Propuesta 2: CI-BJ	Propuesta 2: CP-AJ	Propuesta 2: F1-SG	Propuesta 2: F1-SG
Propuesta 3: CIOD	Propuesta 3: CP-FP	Propuesta 3: F1-SW	Propuesta 3: F1-SW
	Propuesta 4: CP-GR	Propuesta 4: F1-SC	Propuesta4: F1-SC
		Propuesta5: F1-VW	Propuesta 5: F1-VW
		Propuesta6: F1-VQ	Propuesta 6: F1-VQ
			Propuesta 7: F1-I
3	4	6	7
TOTAL PROPUESTA DE MEJORA 20			

Para cada una de las tipologías o Arquetipos Urbano se han elaborado unas propuestas de intervención agrupadas por Fichas que incluyen la siguiente información:

- Ficha 1. Análisis energético Estado actual de la envolvente, corresponden a las fichas obtenidas en el análisis energético (apartado 3.3.3)
- Ficha 2. Propuestas de intervención en cubiertas
- Ficha 3. Propuestas de intervención en fachadas
- Ficha 4. Propuestas de intervención en carpintería

Como muestra, se presentan en el cuerpo del documento las fichas del BLOQUE 1: UF_T1_PRE1900. Las fichas correspondientes a todas las propuestas de mejora energética planteadas están incluidas en documento Anexo II.

B 1: UF_T1_PRE1900:

La exposición de las fichas Para el Arquetipo UF_T1_PRE1900, las condiciones de partida de esta tipología edificatoria la vemos en la Ficha Tipo 1, Imagen 3.83. La información constructiva y energética de las propuestas de intervención en cubierta (3 propuestas), fachada (6 propuestas) y carpintería (1 propuesta), asociadas a este Arquetipo, se muestra en la Ficha Tipo 2, Imagen 3.84, resultando en tres propuestas para cubierta inclinada, seis propuestas para fachada (Imagen 3.85, 3.86 y 3.87) y una propuesta de carpintería (Imagen 3.8). En todos los casos se ha planteado la misma carpintería de PVC, por considerar que no afecta en la validación de la metodología.

- **Ficha 1. Análisis energético Estado actual de la envolvente**

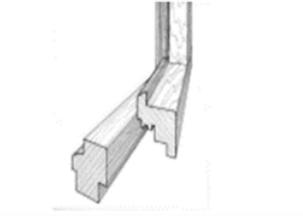
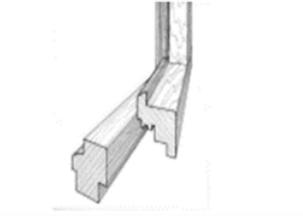
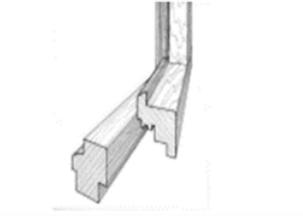
ESTADO ACTUAL																									
UF_T1_PRE1900	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="background-color: #e67e22; color: white;">CUBIERTA</th> <th style="background-color: #e67e22; color: white;">FACHADA</th> </tr> <tr> <td>Descripción: Cubierta ventilada inclinada con estructura de madera y teja cerámica sobre tablero de cañizo.</td> <td>Descripción: Muro de carga de mampostería con enfoscado exterior de mortero de cal y enlucido interior de yeso.</td> </tr> <tr> <td> Sección:  Capas 1 - Teja de arcilla cocida: 1.50 cm 2 - Yeso de alta dureza 900 < d < 1200: 2.00 cm 3 - Tablero de cañizo y barro: 1.50 cm Espesor total: 5.00 cm Caracterización térmica Coeficiente de transmisión térmica (refrigeración): 1.30 W/(m²·K) Coeficiente de transmisión térmica (calefacción): 1.43 W/(m²·K) Capacidad térmica: 42857.27 J/m²·K </td> <td> Sección:  Capas 1 - Cal, arena: 2.00 cm 2 - Piedra cocida, semidura: 50.00 cm 3 - Enlucido de yeso 1000 < d < 1300: 2.00 cm Espesor total: 54.00 cm Caracterización térmica Transparencia térmica: 1.70 W/(m²·K) Capacidad térmica: 66235.78 J/m²·K </td> </tr> <tr> <td>Superficie: 126 m²</td> <td>Superficie: 230.6 m²</td> </tr> <tr> <td>Uc: 1.43 W/m² K</td> <td>Uc: 0,44 W/m² K</td> </tr> <tr> <td>Ulim: 0,56 W/m² K</td> <td>Ulim: 0,56 W/m² K</td> </tr> <tr> <th style="background-color: #e67e22; color: white;">FORJADO</th> <th style="background-color: #e67e22; color: white;">CARPINTERÍA</th> </tr> <tr> <td>Descripción: Forjado con vigas de madera y revoltón cerámico. Pavimento de baldosas cerámicas</td> <td>Descripción: Marco de madera, vidrio monolítico.</td> </tr> <tr> <td> Sección:  Capas 1 - Plaqueta o baldosa cerámica: 1.00 cm 2 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1000 < d < 1250: 2.00 cm 3 - Hormigón en masa 2000 < d < 2300: 7.00 cm 4 - 1/2 pla 1M métrica o catalán 40 mm: Q < 50 mm: 2.00 cm 5 - Yeso de alta dureza 900 < d < 1200: 1.50 cm Espesor total: 13.50 cm Caracterización térmica Forjado superior Coeficiente de transmisión térmica (refrigeración): 2.07 W/(m²·K) Coeficiente de transmisión térmica (calefacción): 2.91 W/(m²·K) Forjado inferior Coeficiente de transmisión térmica (refrigeración): 2.91 W/(m²·K) Coeficiente de transmisión térmica (calefacción): 2.07 W/(m²·K) Forjado inferior expuesto a la intemperie Coeficiente de transmisión térmica (refrigeración): 3.53 W/(m²·K) Coeficiente de transmisión térmica (calefacción): 2.83 W/(m²·K) Capacidad térmica: 111790.06 J/m²·K </td> <td> Sección:  </td> </tr> <tr> <td>Superficie: 0m²</td> <td>Superficie: 17,99m²</td> </tr> <tr> <td>Us: 3,53 W/m² K</td> <td>Us: 5,00 W/m² K</td> </tr> <tr> <td>Ulim: 0,56 W/m² K</td> <td>Ulim: 2,3 W/m² K</td> </tr> </table>	CUBIERTA	FACHADA	Descripción: Cubierta ventilada inclinada con estructura de madera y teja cerámica sobre tablero de cañizo.	Descripción: Muro de carga de mampostería con enfoscado exterior de mortero de cal y enlucido interior de yeso.	Sección:  Capas 1 - Teja de arcilla cocida: 1.50 cm 2 - Yeso de alta dureza 900 < d < 1200: 2.00 cm 3 - Tablero de cañizo y barro: 1.50 cm Espesor total: 5.00 cm Caracterización térmica Coeficiente de transmisión térmica (refrigeración): 1.30 W/(m²·K) Coeficiente de transmisión térmica (calefacción): 1.43 W/(m²·K) Capacidad térmica: 42857.27 J/m²·K	Sección:  Capas 1 - Cal, arena: 2.00 cm 2 - Piedra cocida, semidura: 50.00 cm 3 - Enlucido de yeso 1000 < d < 1300: 2.00 cm Espesor total: 54.00 cm Caracterización térmica Transparencia térmica: 1.70 W/(m²·K) Capacidad térmica: 66235.78 J/m²·K	Superficie: 126 m²	Superficie: 230.6 m²	Uc: 1.43 W/m² K	Uc: 0,44 W/m² K	Ulim: 0,56 W/m² K	Ulim: 0,56 W/m² K	FORJADO	CARPINTERÍA	Descripción: Forjado con vigas de madera y revoltón cerámico. Pavimento de baldosas cerámicas	Descripción: Marco de madera, vidrio monolítico.	Sección:  Capas 1 - Plaqueta o baldosa cerámica: 1.00 cm 2 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1000 < d < 1250: 2.00 cm 3 - Hormigón en masa 2000 < d < 2300: 7.00 cm 4 - 1/2 pla 1M métrica o catalán 40 mm: Q < 50 mm: 2.00 cm 5 - Yeso de alta dureza 900 < d < 1200: 1.50 cm Espesor total: 13.50 cm Caracterización térmica Forjado superior Coeficiente de transmisión térmica (refrigeración): 2.07 W/(m²·K) Coeficiente de transmisión térmica (calefacción): 2.91 W/(m²·K) Forjado inferior Coeficiente de transmisión térmica (refrigeración): 2.91 W/(m²·K) Coeficiente de transmisión térmica (calefacción): 2.07 W/(m²·K) Forjado inferior expuesto a la intemperie Coeficiente de transmisión térmica (refrigeración): 3.53 W/(m²·K) Coeficiente de transmisión térmica (calefacción): 2.83 W/(m²·K) Capacidad térmica: 111790.06 J/m²·K	Sección: 	Superficie: 0m²	Superficie: 17,99m²	Us: 3,53 W/m² K	Us: 5,00 W/m² K	Ulim: 0,56 W/m² K	Ulim: 2,3 W/m² K
CUBIERTA	FACHADA																								
Descripción: Cubierta ventilada inclinada con estructura de madera y teja cerámica sobre tablero de cañizo.	Descripción: Muro de carga de mampostería con enfoscado exterior de mortero de cal y enlucido interior de yeso.																								
Sección:  Capas 1 - Teja de arcilla cocida: 1.50 cm 2 - Yeso de alta dureza 900 < d < 1200: 2.00 cm 3 - Tablero de cañizo y barro: 1.50 cm Espesor total: 5.00 cm Caracterización térmica Coeficiente de transmisión térmica (refrigeración): 1.30 W/(m²·K) Coeficiente de transmisión térmica (calefacción): 1.43 W/(m²·K) Capacidad térmica: 42857.27 J/m²·K	Sección:  Capas 1 - Cal, arena: 2.00 cm 2 - Piedra cocida, semidura: 50.00 cm 3 - Enlucido de yeso 1000 < d < 1300: 2.00 cm Espesor total: 54.00 cm Caracterización térmica Transparencia térmica: 1.70 W/(m²·K) Capacidad térmica: 66235.78 J/m²·K																								
Superficie: 126 m²	Superficie: 230.6 m²																								
Uc: 1.43 W/m² K	Uc: 0,44 W/m² K																								
Ulim: 0,56 W/m² K	Ulim: 0,56 W/m² K																								
FORJADO	CARPINTERÍA																								
Descripción: Forjado con vigas de madera y revoltón cerámico. Pavimento de baldosas cerámicas	Descripción: Marco de madera, vidrio monolítico.																								
Sección:  Capas 1 - Plaqueta o baldosa cerámica: 1.00 cm 2 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1000 < d < 1250: 2.00 cm 3 - Hormigón en masa 2000 < d < 2300: 7.00 cm 4 - 1/2 pla 1M métrica o catalán 40 mm: Q < 50 mm: 2.00 cm 5 - Yeso de alta dureza 900 < d < 1200: 1.50 cm Espesor total: 13.50 cm Caracterización térmica Forjado superior Coeficiente de transmisión térmica (refrigeración): 2.07 W/(m²·K) Coeficiente de transmisión térmica (calefacción): 2.91 W/(m²·K) Forjado inferior Coeficiente de transmisión térmica (refrigeración): 2.91 W/(m²·K) Coeficiente de transmisión térmica (calefacción): 2.07 W/(m²·K) Forjado inferior expuesto a la intemperie Coeficiente de transmisión térmica (refrigeración): 3.53 W/(m²·K) Coeficiente de transmisión térmica (calefacción): 2.83 W/(m²·K) Capacidad térmica: 111790.06 J/m²·K	Sección: 																								
Superficie: 0m²	Superficie: 17,99m²																								
Us: 3,53 W/m² K	Us: 5,00 W/m² K																								
Ulim: 0,56 W/m² K	Ulim: 2,3 W/m² K																								

Imagen 3.83 Ficha Tipo 1. Análisis energético Estado actual UF-T1_PRE1900. Elaboración propia

- **Ficha 2. Propuestas de intervención en cubiertas inclinadas. CI-T / CI-BJ / CI-OD.**

CUBIERTAS

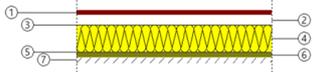
REHABILITACIÓN ENERGÉTICA

PROPUESTA 1

RASTRELES MADERA+LANA MINERAL

SOLUCIÓN POR EXTERIOR

PESO	41,485	Kg/m ²
COEF. CONDUCTIVIDAD TÉRMICA AT	0,034	W/(m ² *K)
TRANSMITANCIA TOTAL	0,42	W/(m ² *K)
PRECIO	127,4	€/m ²
COLOCACIÓN	Bajo teja	



Capas	
1	Teja de arcilla cocida: 1.50 cm
2	Cámara de aire: 3.00 cm
3	Impermeabilizante Poliolefina con revestimiento de velo fibroso: 0.10 cm
4	Panel semirígido lana mineral Alpharock 225 (0.034 W/(m ² *K)): 8.00 cm
5	Poliétileno alta densidad [HDPE]: 0.10 cm
6	Paneles de fibras con conglomerante hidráulico 350 < d < 450: 1.50 cm
7	Placa de yeso laminado [PVL] 750 < d < 900: 1.50 cm
Espesor total: 15.70 cm	
Caracterización térmica	
Coeficiente de transmisión térmica (refrigeración): 0.36 W/(m ² *K)	
Coeficiente de transmisión térmica (calefacción): 0.36 W/(m ² *K)	
Capacidad térmica: 4239.86 J/m ² *K	

CUBIERTAS

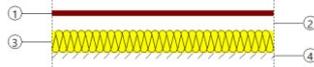
REHABILITACIÓN ENERGÉTICA

PROPUESTA 2

SISTEMA BORJATHERM

SOLUCIÓN POR EXTERIOR

PESO	38,22	Kg/m ²
COEF. CONDUCTIVIDAD TÉRMICA AT	0,022	W/(M ² *K)
TRANSMITANCIA TOTAL	0,33	W/(M2*K)
PRECIO	102,61	€/m ²
COLOCACIÓN	Bajo teja	



Capas	
1	Teja de arcilla cocida: 1.50 cm
2	Cámara de aire: 4.00 cm
3	Tablero Borjatherm: 6.00 cm
4	Placa de yeso laminado [PVL] 750 < d < 900: 1.50 cm
Espesor total: 13.00 cm	
Caracterización térmica	
Coeficiente de transmisión térmica (refrigeración): 0.33 W/(m ² *K)	
Coeficiente de transmisión térmica (calefacción): 0.33 W/(m ² *K)	
Capacidad térmica: 1675.78 J/m ² *K	

CUBIERTAS

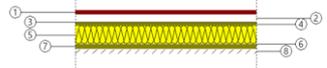
REHABILITACIÓN ENERGÉTICA

PROPUESTA 3

SISTEMA SIATE ONDULINE

SOLUCIÓN POR EXTERIOR

PESO	47,68	Kg/m ²
COEF. CONDUCTIVIDAD TÉRMICA AT	0,03	W/(M ² *K)
TRANSMITANCIA TOTAL	0,39	W/(M2*K)
PRECIO	122,25	€/m ²
COLOCACIÓN	Bajo teja	



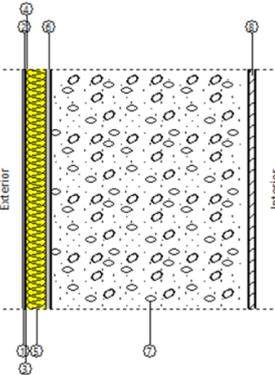
Capas	
1	Teja de arcilla cocida: 1.50 cm
2	Cámara de aire: 2.40 cm
3	ONDULINE BT 150: 0.20 cm
4	ONDUTHERM BASIC XPS-TABLERO FIBRAS: 1.00 cm
5	ONDUTHERM BASIC XPS: 6.00 cm
6	Subcapa fieltro: 0.10 cm
7	Paneles de fibras con conglomerante hidráulico 350 < d < 450: 1.50 cm
8	Placa de yeso laminado [PVL] 750 < d < 900: 1.50 cm
Espesor total: 14.20 cm	
Caracterización térmica	
Coeficiente de transmisión térmica (refrigeración): 0.39 W/(m ² *K)	
Coeficiente de transmisión térmica (calefacción): 0.40 W/(m ² *K)	
Capacidad térmica: 10848.79 J/m ² *K	

Imagen 3.84 Ficha Tipo 2. Propuestas de intervención en cubiertas. Elaboración propia

- **Ficha 3. Propuestas 1 y 2 de intervención en fachadas de una hoja. F1-S / F1-SG.**

FACHADA

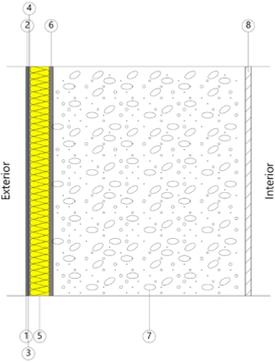
REHABILITACIÓN ENERGÉTICA			
PROPUESTA 1			
SATE EPS			
SOLUCIÓN EXTERIOR			
	COEF. CONDUCTIVIDAD TERMICA AT	0,036	W/(m*K)
	TRANSMITANCIA TOTAL	0,5	W/(m²*K)
	PRECIO	61,15	€/m²
	COLOCACIÓN	Sobre superficie regularizada	



Capas
1 - Acabado Morcemcrl Grupo Puma: 0.20 cm
2 - Mortero Regularización TRADITHERM Grupo Puma: 0.40 cm
3 - Malla de fibra de vidrio: 0.10 cm
4 - Mortero Regularización TRADITHERM Grupo Puma: 0.40 cm
5 - Panel TRADITHERM EPS Grupo Puma [0.036 W/(mK)]: 5.00 cm
6 - Mortero de fijación TRADITHERM Grupo Puma: 1.00 cm
7 - Piedra caliza, semidura: 50.00 cm
8 - Yeso de alta dureza 900 < d < 1200: 1.50 cm
Espesor total: 58.60 cm
Caracterización térmica
Transmitancia térmica (U): 0.50 W/(m²·K)
Capacidad térmica: 64463.45 J/m²·K

FACHADA

REHABILITACIÓN ENERGÉTICA			
PROPUESTA 2			
SATE EPS-G			
SOLUCIÓN EXTERIOR			
	COEF. CONDUCTIVIDAD TERMICA AT	0,032	W/(m*K)
	TRANSMITANCIA TOTAL	0,36	W/(m²*K)
	PRECIO	63,64	€/m²
	COLOCACIÓN	Sobre superficie regularizada	



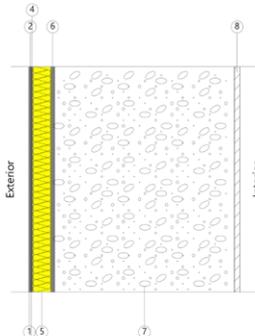
Capas
1 - Acabado Morcemcrl Grupo Puma: 0.20 cm
2 - Mortero regularización TRADITHERM Grupo Puma: 0.40 cm
3 - Malla fibra de vidrio: 0.10 cm
4 - Mortero regularización TRADITHERM Grupo Puma: 0.40 cm
5 - TRADITHERM Panel EPS-G Grupo Puma[0.032W/(mK)]: 5.00 cm
6 - Mortero de fijación TRADITHERM Grupo Puma: 1.00 cm
7 - Piedra caliza, semidura: 50.00 cm
8 - Yeso de alta dureza 900 < d < 1200: 1.50 cm
Espesor total: 58.60 cm
Caracterización térmica
Transmitancia térmica (U): 0.36 W/(m²·K)
Capacidad térmica: 64450.03 J/m²·K

Imagen 3.85 Ficha Tipo 3 Propuestas de intervención en fachadas en UF_T1_PRE1900. Elaboración propia

- **Ficha 3. Propuestas 3 y 4 de intervención en fachadas de una hoja. F1-SW / F1-SC**

FACHADA

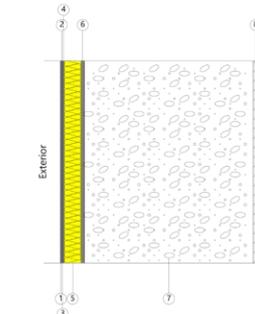
REHABILITACIÓN ENERGÉTICA			
PROPUESTA 3			
SATE LANA MINERAL			
SOLUCIÓN EXTERIOR			
	COEF. CONDUCTIVIDAD TÉRMICA AT	0,036	W/(m*K)
	TRANSMITANCIA TOTAL	0,50	W/(m²*K)
PRECIO		78,57	€/m²
COLOCACIÓN	Sobre superficie regularizada		



Capas	
1	- Acabado Morcemcil Grupo Puma: 0.20 cm
2	- Mortero regularización TRADITHERM Grupo Puma: 0.40 cm
3	- Malla fibra de vidrio: 0.10 cm
4	- Mortero regularización TRADITHERM Grupo Puma: 0.40 cm
5	- TRADITHERM Panel MW Grupo Puma[0.036W/(mK)]: 5.00 cm
6	- Mortero de fijación TRADITHERM Grupo Puma: 1.00 cm
7	- Piedra caliza, semidura: 50.00 cm
8	- Yeso de alta dureza 900 < d < 1200: 1.50 cm
Espesor total: 58.60 cm	
Caracterización térmica	
Transmitancia térmica (U): 0.50 W/(m²K)	
Capacidad térmica: 64457.37 J/m²K	

FACHADA

REHABILITACIÓN ENERGÉTICA			
PROPUESTA 4			
SATE CORCHO			
SOLUCIÓN EXTERIOR			
	COEF. CONDUCTIVIDAD TÉRMICA AT	0,040	W/(m*K)
	TRANSMITANCIA TOTAL	0,54	W/(m²*K)
PRECIO		91,37	€/m²
COLOCACIÓN	Sobre superficie regularizada		

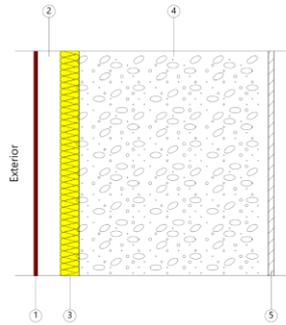


Capas	
1	- Acabado Morcemcil Grupo Puma: 0.20 cm
2	- Mortero regularización TRADITHERM Grupo Puma: 0.40 cm
3	- Malla fibra de vidrio: 0.10 cm
4	- Mortero regularización TRADITHERM Grupo Puma: 0.40 cm
5	- TRADITHERM Panel CORCHO Grupo Puma[0.040W/(mK)]: 5.00 cm
6	- Mortero de fijación TRADITHERM Grupo Puma: 1.00 cm
7	- Piedra caliza, semidura: 50.00 cm
8	- Yeso de alta dureza 900 < d < 1200: 1.50 cm
Espesor total: 58.60 cm	
Caracterización térmica	
Transmitancia térmica (U): 0.54 W/(m²K)	
Capacidad térmica: 64459.81 J/m²K	

- *Imagen 3.86 Ficha Tipo 3 Propuestas de intervención en fachadas en UF_T1_PRE1900. Elaboración propia*

- **Ficha 3. Propuestas 5 y 6 de intervención en fachadas de una hoja. F1-VW / F1-VQ.**

REHABILITACIÓN ENERGÉTICA			
PROPUESTA 5			
VENTILADA			
SOLUCIÓN EXTERIOR			
	COEF. CONDUCTIVIDAD TERMICA AT	0,034	W/(M*K)
	TRANSMITANCIA TOTAL	0,47	W/(M2*K)
	PRECIO	94,76	€/m2
	COLOCACIÓN	Sobre fachada existente	



Capas
1 - Plaqueta o baldosa de gres: 1.00 cm
2 - Cámara de aire: 6.00 cm
3 - Panel semirrigido lana de roca URSA TERRA VENTO 0.034 W/(m²K): 5.00 cm
4 - Piedra caliza, semidura: 50.00 cm
5 - Yeso de alta dureza 900 < d < 1200: 1.50 cm
Espesor total: 63.50 cm
Caracterización térmica
Transmitancia térmica (U): 0.47 W/(m²·K)
Capacidad térmica: 64475.01 J/m²·K

REHABILITACIÓN ENERGÉTICA			
PROPUESTA 6			
AQUAPANEL			
SOLUCIÓN EXTERIOR			
	COEF. CONDUCTIVIDAD TERMICA AT	0,031	W/(M*K)
	TRANSMITANCIA TOTAL	0,37	W/(M2*K)
	PRECIO	118	€/m2
	COLOCACIÓN	Sobre fachada existente	

FACHADA

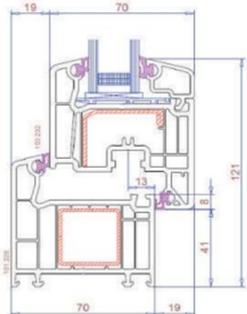
Capas
1 - Imprimitación y acabado GRC Aquapanel: 1.00 cm
2 - Malla superficial Aquapanel: 0.10 cm
3 - Mortero superficial Aquapanel: 0.50 cm
4 - Panel Aquapanel: 12.50 cm
5 - Barrera de agua Aquapanel: 0.10 cm
6 - MW Lana mineral [0.031 W/(m²K)]: 6.00 cm
7 - Piedra caliza, semidura: 50.00 cm
8 - Yeso de alta dureza 900 < d < 1200: 1.50 cm
Espesor total: 71.70 cm
Caracterización térmica
Transmitancia térmica (U): 0.37 W/(m²·K)
Capacidad térmica: 64409.14 J/m²·K

Imagen 3.87 Ficha Tipo 3 Propuestas de intervención en fachadas en UF_T1_PRE1900. Elaboración propia

- **Ficha 4. Propuestas de intervención en carpintería. CR-PVC**

REHABILITACIÓN ENERGÉTICA		
PROPUESTA 1		
CARPINTERÍA PVC		
SOLUCIÓN EXTERIOR		
APERTURA	Abatible	
TRANSMITANCIA TERMICA	1,1	W/(M ² *K)
RESISTENCIA AL VIENTO	C5	
PERMEABILIDAD AL AIRE	CLASE 4	
VIDRIOS	4/16/6 BAJO EMISIVO	





CARPINTERÍA

Imagen 3.88 Ficha Tipo 4. Propuestas de intervención en carpintería en UF_T1_PRE1900. Elaboración propia

3.4.3.3. Estudio medioambiental y económico de las propuestas de mejora energética

Una vez propuestas las soluciones constructivas que garantizan que la envolvente cumple con las transmitancias exigidas por la normativa, a partir del estado actual del edificio, el siguiente paso consiste en cuantificar los valores medioambientales y económicos para dichas propuestas.

En este apartado se pretende obtener, para cada una de las propuestas, los indicadores medioambientales y económicos, los cuales también pueden ser determinantes al optar por una estrategia de intervención u otra.

- **GWP total CO₂ eq.(kg)**, Potencial de calentamiento global (PCG)
- **GWP A1, A2, A3**, PCG para las fases del ciclo de vida de suministro y transporte de materias primas (A1 y A2) y fabricación del producto (A3)
- **GWP A4**, PCG para la fase de ciclo de vida de transporte de producto
- **GWP A5**, PCG para la fase de ciclo de vida de proceso de instalación del producto y construcción
- **PERT (MJ)**, Uso total de energía primaria renovable
- **PERNRT (MJ)**, Uso total de energía primaria No renovable
- **FW (M³)**, Uso neto de recursos de agua corriente
- **RESIDUOS (Kg/m²)**, Residuos generados
- **ENVASES (Kg/m²)**, Residuos generados en envases
- **RESIDUOS TOTALES (Kg/m²)**, Residuos totales
- **Coste (€/m²)**, Coste total del sistema constructivo

Obviamente, una vez resuelto el requerimiento energético para alcanzar objetivos normativos y de confort, puede ser el factor medioambiental o económico el que determine la solución final según el objetivo a alcanzar. Se ha utilizado la Versión Campus de CYPE Ingenieros S.A., para la obtención del coste, así como los datos de ACV.

El Generador de precios de la construcción de CYPE Ingenieros SA, es un software para calcular el coste real de un proyecto, permitiendo obtener los costes de construcción ajustados más o menos a mercado, incluyendo productos de fabricantes y genéricos. También facilita la redacción de unos documentos de calidad, con la información técnica vinculada a cada unidad de obra, útil para las distintas fases del ciclo de vida del edificio, desde los estudios previos, el proyecto básico, el de ejecución y la dirección de la obra, uso y su mantenimiento, deconstrucción y reciclado final.

Incluidos todos los elementos que forman parte de la solución constructiva en el Generador de Precios de CYPE, este nos dará como resultados el coste por metro cuadrado de la intervención, incluyendo materiales, mano de obra, medios auxiliares, costes directos e indirectos. También los valores de los residuos generados (en peso y volumen) y los indicadores de impacto ambiental, los cuales estarán referenciados al metro cuadrado de la intervención o partida de coste de referencia. Como muestra se presentan en Tablas 3.10, 3.11 y 3.12, la obtención del precio los residuos generados, así como también el análisis de ciclo de vida (ACV) de las distintas propuestas de intervención de mejora en fachada, para el Arquetipo BA-T9-60/79.

Tabla 3.10 Datos de precio y residuos totales a partir del generador de precios Cype. Elaboración propia.

COSTE					
ZFF010 m² Sistema ETICS Traditerm "GRUPO PUMA" de aislamiento térmico por el exterior de fachada existente.					63,18€
<p>Rehabilitación energética de fachada, de fábrica cerámica, de ladrillo sílico-calcáreo o de bloque de hormigón, mediante aislamiento térmico por el exterior, con el sistema Traditerm EPS "GRUPO PUMA", con ETE 07/0054, compuesto por: panel rígido de poliestireno expandido, Traditerm Panel EPS "GRUPO PUMA", según UNE-EN 13163, de superficie lisa y mecanizado lateral recto, de color blanco, de 60 mm de espesor, fijado al soporte con mortero Traditerm "GRUPO PUMA", aplicado manualmente y fijaciones mecánicas con taco de expansión de polipropileno Traditerm "GRUPO PUMA"; capa de regularización de mortero Traditerm "GRUPO PUMA", aplicado manualmente, armado con malla de fibra de vidrio, antiálcalis, Traditerm "GRUPO PUMA", de 5x4 mm de luz de malla, de 0,6 mm de espesor y de 160 g/m² de masa superficial; capa de acabado de mortero acrílico Morcemcrlil "GRUPO PUMA", color Blanco 100, sobre imprimación acrílica Fondo Morcemcrlil "GRUPO PUMA". Incluso perfiles de arranque Traditerm "GRUPO PUMA", de aluminio, perfiles para formación de goterones Traditerm "GRUPO PUMA", de PVC con malla, perfiles de esquina Traditerm "GRUPO PUMA", de PVC con malla, masilla selladora monocomponente Pumalastic-Ms "GRUPO PUMA" y cordón de espuma de polietileno expandido de celdas cerradas para sellado de juntas. El precio incluye la ejecución de remates en los encuentros con paramentos, revestimientos u otros elementos recibidos en su superficie, pero no incluye la preparación de la superficie soporte.</p>					
Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1 Materiales					
mt28mop080x	m	Perfil de arranque Traditerm "GRUPO PUMA" de aluminio, de 60 mm de anchura, con goterón, para nivelación y soporte de los paneles aislantes de los sistemas de aislamiento térmico por el exterior sobre la línea de zócalo; incluso kit de fijación para perfil.	0,170	2,19	0,37
mt28mop030ha	kg	Mortero tipo GP W2, según UNE-EN 998-1 Traditerm "GRUPO PUMA", impermeable al agua de lluvia, permeable al vapor de agua y no propagador de la llama, para aplicar con llana, para adherir los paneles aislantes y como capa base, previo amasado con agua.	9,000	0,72	6,48
mt16pep010dd	m ²	Panel rígido de poliestireno expandido, Traditerm Panel EPS "GRUPO PUMA", según UNE-EN 13163, de superficie lisa y mecanizado lateral recto, de color blanco, de 60 mm de espesor, con resistencia al envejecimiento y permeable al vapor de agua, resistencia térmica 1,58 m ² K/W, conductividad térmica 0,038 W/(mK), Euroclase E de reacción al fuego.	1,050	9,53	10,01
mt16pep100D	Ud	Taco de expansión de polipropileno Traditerm "GRUPO PUMA", de 120 mm de longitud, para fijación de placas aislantes.	8,000	0,22	1,76
mt28mop050e	m ²	Malla de fibra de vidrio, antiálcalis, Traditerm "GRUPO PUMA", de 5x4 mm de luz de malla, de 0,6 mm de espesor, de 160 g/m ² de masa superficial y de 1,1x50 m, para armar morteros.	1,100	1,67	1,84
mt28mop090b	m	Perfil de PVC con malla de fibra de vidrio antiálcalis, Traditerm "GRUPO PUMA", para formación de goterones.	0,170	2,62	0,45
mt28mop070d	m	Perfil de esquina Traditerm "GRUPO PUMA" de PVC con malla, para refuerzo de cantos.	0,300	0,53	0,16
mt28mop320d	kg	Imprimación acrílica Fondo Morcemcrlil "GRUPO PUMA", compuesta por resinas acrílicas, pigmentos minerales y aditivos orgánicos e inorgánicos, impermeable al agua de lluvia y permeable al vapor de agua, para aplicar con brocha, rodillo o pistola.	0,220	3,59	0,79
mt28mop310ug	kg	Mortero acrílico Morcemcrlil "GRUPO PUMA", color Blanco 100, compuesto por resinas acrílicas, pigmentos minerales y aditivos orgánicos e inorgánicos, antimoho y antivariado, permeable al vapor de agua y con resistencia al envejecimiento, a la contaminación urbana y a los rayos UV, para revestimiento de paramentos exteriores.	2,500	3,23	8,08
mt15bas010a	m	Cordón de polietileno expandido de celdas cerradas, de sección circular de 6 mm de diámetro, para el relleno de fondo de junta.	0,170	0,06	0,01
mt15sigp101a	Ud	Cartucho de masilla monocomponente a base de polímeros híbridos, Pumalastic-Ms "GRUPO PUMA", de 290 cm ³ , con dureza Shore A aproximada de 40, según UNE-EN ISO 868 y elongación a rotura >= 550%, según UNE-EN ISO 8339.	0,020	7,29	0,15
			Subtotal materiales:	30,10	
2 Mano de obra					
mo054	h	Oficial 1ª montador de aislamientos.	0,117	20,48	2,40
mo101	h	Ayudante montador de aislamientos.	0,117	18,92	2,21
mo039	h	Oficial 1ª revocador.	0,701	19,93	13,97
mo079	h	Ayudante revocador.	0,701	18,92	13,26
			Subtotal mano de obra:	31,84	
3 Costes directos complementarios					
	%	Costes directos complementarios	2,000	61,94	1,24
Coste de mantenimiento decenal: 4,93€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3):	63,18	
TOTAL RESIDUOS GENERADOS					
Código LER	Tipo	Peso (kg)	Volumen (l)		
17 04 02	Aluminio.	0,003	0,002		
17 09 04	Residuos mezclados de construcción y demolición distintos de los especificados en los códigos 17 09 01, 17 09 02 y 17 09 03.	0,778	0,519		
17 06 04	Materiales de aislamiento distintos de los especificados en los códigos 17 06 01 y 17 06 03.	0,060	0,100		
17 02 03	Plástico.	0,015	0,025		
Residuos generados:		0,856	0,646		
15 01 01	Envases de papel y cartón.	0,576	0,768		
17 02 03	Plástico.	0,090	0,150		
17 02 01	Madera.	0,007	0,006		
Envases:		0,673	0,924		
Total residuos:		1,529	1,570		

Tabla 3.11 Datos ACV a partir del generador de precios Cype. Elaboración propia.

F1_SATE EPS

Etapa del ciclo de vida	Indicadores de impacto ambiental							Uso de recursos			
											
	CO ₂ eq. (kg)	CFC 11 eq. (kg)	SO ₂ eq. (kg)	(PO ₄) ³⁻ eq. (kg)	etileno eq. (kg)	Sb eq. (kg)	(MJ)	(MJ)	(MJ)	(m ³)	
Total A1-A2-A3:	7,933	1,87e-07	0,025	0,004	0,011	2,06e-04	142,967	19,779	146,135	0,297	
A4	0,507	6,59e-04	0,036	0,007	0,002	3,04e-04	55,797		6,855	0,107	
A5	0,025	1,67e-09	1,11e-04	4,55e-04	2,15e-05	9,35e-07	0,354		0,174	0,051	
Total A4-A5:	0,533	6,59e-04	0,036	0,008	0,002	3,05e-04	56,151		7,029	0,157	
Energía total y emisiones:	8,466	6,60e-04	0,061	0,012	0,013	5,11e-04	199,118	19,779	153,164	0,454	

A1: Suministro de materias primas
A2: Transporte de materias primas
A3: Fabricación del producto
A4: Transporte del producto
A5: Proceso de instalación del producto y construcción

GWP: Potencial de calentamiento global
ODP: Potencial de agotamiento de la capa de ozono estratosférico
AP: Potencial de acidificación del suelo y de los recursos de agua
EP: Potencial de eutrofización
POCP: Potencial de formación de ozono troposférico
ADPE: Potencial de agotamiento de recursos abióticos para recursos no fósiles
ADFP: Potencial de agotamiento de recursos abióticos para recursos fósiles
PERT: Uso total de energía primaria renovable
PERNRT: Uso total de energía primaria renovable
FW: Uso neto de recursos de agua corriente

F1_SATE EPS-G

Etapa del ciclo de vida	Indicadores de impacto ambiental							Uso de recursos			
											
	CO ₂ eq. (kg)	CFC 11 eq. (kg)	SO ₂ eq. (kg)	(PO ₄) ³⁻ eq. (kg)	etileno eq. (kg)	Sb eq. (kg)	(MJ)	(MJ)	(MJ)	(m ³)	
Total A1-A2-A3:	8,310	2,95e-07	0,031	0,005	0,003	2,09e-04	134,924	20,855	135,660	0,308	
A4	0,602	7,83e-04	0,042	0,008	0,002	3,61e-04	66,252		8,139	0,126	
A5	0,025	1,67e-09	1,11e-04	4,55e-04	2,15e-05	9,35e-07	0,354		0,174	0,051	
Total A4-A5:	0,628	7,83e-04	0,042	0,009	0,002	3,62e-04	66,606		8,313	0,177	
Energía total y emisiones:	8,938	7,83e-04	0,073	0,014	0,006	5,71e-04	201,530	20,855	143,974	0,485	

A1: Suministro de materias primas
A2: Transporte de materias primas
A3: Fabricación del producto
A4: Transporte del producto
A5: Proceso de instalación del producto y construcción

GWP: Potencial de calentamiento global
ODP: Potencial de agotamiento de la capa de ozono estratosférico
AP: Potencial de acidificación del suelo y de los recursos de agua
EP: Potencial de eutrofización
POCP: Potencial de formación de ozono troposférico
ADPE: Potencial de agotamiento de recursos abióticos para recursos no fósiles
ADFP: Potencial de agotamiento de recursos abióticos para recursos fósiles
PERT: Uso total de energía primaria renovable
PERNRT: Uso total de energía primaria renovable
FW: Uso neto de recursos de agua corriente

F1_SATE CORCHO NATURAL

Etapa del ciclo de vida	Indicadores de impacto ambiental							Uso de recursos			
											
	CO ₂ eq. (kg)	CFC 11 eq. (kg)	SO ₂ eq. (kg)	(PO ₄) ³⁻ eq. (kg)	etileno eq. (kg)	Sb eq. (kg)	(MJ)	(MJ)	(MJ)	(m ³)	
Total A1-A2-A3:	-8,677	6,88e-07	0,102	0,029	0,007	2,17e-04	133,509	501,766	142,212	0,307	
A4	0,602	7,83e-04	0,042	0,008	0,002	3,61e-04	66,256		8,140	0,126	
A5	0,025	1,67e-09	1,11e-04	4,55e-04	2,15e-05	9,36e-07	0,354		0,175	0,051	
Total A4-A5:	0,628	7,83e-04	0,042	0,009	0,002	3,62e-04	66,610		8,314	0,177	
Energía total y emisiones:	-8,049	7,84e-04	0,144	0,037	0,009	5,79e-04	200,119	501,766	150,526	0,484	

A1: Suministro de materias primas
A2: Transporte de materias primas
A3: Fabricación del producto
A4: Transporte del producto
A5: Proceso de instalación del producto y construcción

GWP: Potencial de calentamiento global
ODP: Potencial de agotamiento de la capa de ozono estratosférico
AP: Potencial de acidificación del suelo y de los recursos de agua
EP: Potencial de eutrofización
POCP: Potencial de formación de ozono troposférico
ADPE: Potencial de agotamiento de recursos abióticos para recursos no fósiles
ADFP: Potencial de agotamiento de recursos abióticos para recursos fósiles
PERT: Uso total de energía primaria renovable
PERNRT: Uso total de energía primaria renovable

Tabla 3.12 Datos ACV a partir del generador de precios Cype. Elaboración propia.

F1_SATE MW

Etapa del ciclo de vida	Indicadores de impacto ambiental						Uso de recursos			
										
	GWP	ODP	AP	EP	POCP	ADPE	ADFP	PERT	PERNRT	FW
CO ₂ eq. (kg)	CFC 11 eq. (kg)	SO ₂ eq. (kg)	(PO ₄) ³⁻ eq. (kg)	etileno eq. (kg)	Sb eq. (kg)	(MJ)	(MJ)	(MJ)	(m ³)	
Total A1-A2-A3:	9,190	3,48e-07	0,043	0,009	0,005	2,20e-04	157,229	24,629	211,664	0,322
A4	0,602	7,83e-04	0,042	0,008	0,002	3,61e-04	66,256		8,140	0,126
A5	0,025	1,67e-09	1,11e-04	4,55e-04	2,15e-05	9,36e-07	0,354		0,174	0,051
Total A4-A5:	0,628	7,83e-04	0,042	0,009	0,002	3,62e-04	66,610		8,314	0,177
Energía total y emisiones:	9,818	7,83e-04	0,085	0,018	0,007	5,82e-04	223,839	24,629	219,977	0,499

- A1: Suministro de materias primas
- A2: Transporte de materias primas
- A3: Fabricación del producto
- A4: Transporte del producto
- A5: Proceso de instalación del producto y construcción

- GWP: Potencial de calentamiento global
- ODP: Potencial de agotamiento de la capa de ozono estratosférico
- AP: Potencial de acidificación del suelo y de los recursos de agua
- EP: Potencial de eutrofización
- POCP: Potencial de formación de ozono troposférico
- ADPE: Potencial de agotamiento de recursos abióticos para recursos no fósiles
- ADFP: Potencial de agotamiento de recursos abióticos para recursos fósiles
- PERT: Uso total de energía primaria renovable
- PERNRT: Uso total de energía primaria renovable
- FW: Uso neto de recursos de agua corriente

F1_VENTILADA MW

Etapa del ciclo de vida	Indicadores de impacto ambiental						Uso de recursos			
										
	GWP	ODP	AP	EP	POCP	ADPE	ADFP	PERT	PERNRT	FW
CO ₂ eq. (kg)	CFC 11 eq. (kg)	SO ₂ eq. (kg)	(PO ₄) ³⁻ eq. (kg)	etileno eq. (kg)	Sb eq. (kg)	(MJ)	(MJ)	(MJ)	(m ³)	
Total A1-A2-A3:	19,370	1,26e-06	0,078	0,011	0,007	4,09e-04	269,341	53,858	353,157	1,106
A4	0,923	0,001	0,065	0,013	0,003	5,54e-04	101,493		12,468	0,194
A5	0,035	2,33e-09	1,55e-04	6,35e-04	3,00e-05	1,31e-06	0,494		0,243	0,071
Total A4-A5:	0,958	0,001	0,065	0,014	0,003	5,55e-04	101,987		12,712	0,264
Energía total y emisiones:	20,328	0,001	0,142	0,025	0,010	9,63e-04	371,328	53,858	365,869	1,370

- A1: Suministro de materias primas
- A2: Transporte de materias primas
- A3: Fabricación del producto
- A4: Transporte del producto
- A5: Proceso de instalación del producto y construcción

- GWP: Potencial de calentamiento global
- ODP: Potencial de agotamiento de la capa de ozono estratosférico
- AP: Potencial de acidificación del suelo y de los recursos de agua
- EP: Potencial de eutrofización
- POCP: Potencial de formación de ozono troposférico
- ADPE: Potencial de agotamiento de recursos abióticos para recursos no fósiles
- ADFP: Potencial de agotamiento de recursos abióticos para recursos fósiles
- PERT: Uso total de energía primaria renovable
- PERNRT: Uso total de energía primaria renovable
- FW: Uso neto de recursos de agua corriente

F1_VENTILADA AQ

Etapa del ciclo de vida	Indicadores de impacto ambiental						Uso de recursos			
										
	GWP	ODP	AP	EP	POCP	ADPE	ADFP	PERT	PERNRT	FW
CO ₂ eq. (kg)	CFC 11 eq. (kg)	SO ₂ eq. (kg)	(PO ₄) ³⁻ eq. (kg)	etileno eq. (kg)	Sb eq. (kg)	(MJ)	(MJ)	(MJ)	(m ³)	
Total A1-A2-A3:	18,063	1,79e-06	0,084	0,027	0,008	0,001	301,481	142,148	338,452	3,980
A4	0,157	2,04e-04	0,011	0,002	5,80e-04	9,40e-05	17,239	2,11e-05	2,120	0,033
A5	0,440	4,34e-08	0,002	0,001	2,06e-04	6,39e-05	6,523	6,315	8,554	0,045
Total A4-A5:	0,597	2,04e-04	0,013	0,004	7,86e-04	1,58e-04	23,762	6,315	10,673	0,078
Energía total y emisiones:	18,660	2,06e-04	0,098	0,031	0,009	0,002	325,244	148,463	349,125	4,058

- A1: Suministro de materias primas
- A2: Transporte de materias primas
- A3: Fabricación del producto
- A4: Transporte del producto
- A5: Proceso de instalación del producto y construcción

- GWP: Potencial de calentamiento global
- ODP: Potencial de agotamiento de la capa de ozono estratosférico
- AP: Potencial de acidificación del suelo y de los recursos de agua
- EP: Potencial de eutrofización
- POCP: Potencial de formación de ozono troposférico
- ADPE: Potencial de agotamiento de recursos abióticos para recursos no fósiles
- ADFP: Potencial de agotamiento de recursos abióticos para recursos fósiles
- PERT: Uso total de energía primaria renovable
- PERNRT: Uso total de energía primaria renovable

Así pues, como resultado del estudio energético, medioambiental (ACV) y económico para cada una de las propuestas, y según la etapa constructiva y el arquetipo se organiza la información como se observa en la Tabla 3.13, 3.14 y 3.15.

Tabla 3.13 Propuestas de mejora Valores energéticos, medioambientales y económicos. Bloque 1-Bloque 2
Elaboración propia

BLOQUE	PROPUESTAS	U w/(m ² K)	GWP total CO ₂ eq.(kg)	GWP A1,A2,A3	GWP A4	GWP A5	PERT (MJ)	PERNRT (MJ)	FW (M3)	RESIDUOS (kg/m ²)	ENVASES (kg/m ²)	RESIDUOS TOTALES (kg/m ²)	Coste (€/m ²)	
BLOQUE 1 Etapa Pre1900	T1-F1-S	0,50	8,47	7,93	0,51	0,03	19,78	146,14	0,30	0,86	0,70	1,56	61,15	
	T1-F1-SG	0,36	8,94	8,31	0,60	0,03	20,86	143,97	0,49	0,85	0,70	1,55	63,64	
	T1-F1-SW	0,50	9,82	9,19	0,60	0,03	0,45	7,64	0,03	0,87	0,71	1,58	78,57	
	T1-F1-SC	0,54	-8,05	-8,68	0,60	0,03	501,77	150,53	0,48	0,99	0,71	1,70	91,37	
	T1-F1-VW	0,47	20,33	19,37	0,92	0,04	53,86	365,87	1,37	1,71	0,62	2,33	94,76	
	T1-F1-VQ	0,37	18,66	18,06	0,16	0,44	148,46	349,13	4,06	1,10	0,47	1,57	118,00	
	T1-C1-T	0,42	16,81	16,17	0,59	0,05	431,71	202,91	11,10	112,06	0,56	112,62	127,40	
	T1-C1-BI	0,33	1,19	1,17	0,00	0,02	0,45	7,64	0,03	0,00	0,01	0,01	0,01	102,61
	T1-C1-OD	0,39	31,73	31,00	0,71	0,03	370,18	880,05	13,07	0,40	7,04	7,44	122,25	
	CR_AL/V_D	1,87	112,73	112,33	0,35	0,05	446,46	1197,32	14,44	0,33	0,56	0,89	615,87	
CR_AL/V_Dar	1,73	112,73	112,33	0,35	0,05	446,46	1197,32	14,44	0,30	0,56	0,86	622,02		
CR_PVC/V_D	1,45	101,81	101,16	0,61	0,05	91,63	999,05	2,14	0,31	0,35	0,68	489,71		
CR_MD/V_D	1,51	-50,94	-51,94	0,95	0,05	4491,60	422,55	72,16	0,31	0,24	0,89	673,10		
CR_MD/V_Dar	1,37	-50,94	-51,94	0,95	0,05	4491,60	422,55	72,16	0,28	0,24	0,87	679,25		
BLOQUE 2 Etapa 01-36	T2/T3-F1-S	0,55	10,09	9,46	0,60	0,03	21,55	194,73	0,50	0,86	0,70	1,56	63,58	
	T2/T3-F1-SG	0,45	8,94	8,31	0,60	0,03	20,86	143,98	0,49	0,85	0,70	1,55	65,11	
	T2/T3-F1-SW	0,55	9,82	9,19	0,60	0,03	24,63	219,98	0,50	0,87	0,71	1,58	80,39	
	T2/T3-F1-SC	0,52	-8,05	-8,68	0,60	0,03	501,77	150,53	0,49	0,99	0,71	1,70	93,48	
	T2/T3-F1-VW	0,52	20,33	19,37	0,92	0,04	53,86	365,88	1,37	1,71	0,62	2,33	97,98	
	T2/T3-F1-VQ	0,39	18,66	18,06	0,16	0,44	148,46	349,13	4,06	1,10	0,47	1,57	120,17	
	T2/T3-C1-T	0,35	-0,62	-0,96	0,28	0,05	426,70	171,73	7,03	106,80	0,48	107,28	112,88	
	T2/T3-C1-BI	0,31	1,19	1,17	0,00	0,02	0,45	7,64	0,04	0,00	0,01	0,01	104,48	
	T2/T3-C1-OD	0,42	17,83	17,33	0,47	0,03	211,37	521,51	2,70	0,44	7,62	8,06	121,27	
	CR_AL/V_D	1,87	112,73	112,33	0,35	0,05	446,46	1197,32	14,44	0,33	0,56	0,89	615,87	
	CR_AL/V_Dar	1,73	112,73	112,33	0,35	0,05	446,46	1197,32	14,44	0,30	0,56	0,86	622,02	
	CR_PVC/V_D	1,45	101,81	101,16	0,61	0,05	91,63	999,05	2,14	0,33	0,35	0,68	489,71	
	CR_MD/V_D	1,51	101,81	101,16	0,61	0,05	91,63	999,05	2,14	0,31	0,35	0,65	495,86	
CR_MD/V_Dar	1,37	-50,94	-51,94	0,95	0,05	4491,60	422,55	72,16	0,31	0,24	0,89	673,10		
CR_MD/V_Dar	1,37	-50,94	-51,94	0,95	0,05	4491,60	422,55	72,16	0,28	0,24	0,87	679,25		

Tabla 3.14 Propuestas de mejora Valores energéticos, medioambientales y económicos. Bloque 3-Bloque 4
Elaboración propia

BLOQUE	PROPUESTAS	U W/(m2K)	GWP total CO2 eq.(kg)	GWP A1,A2,A3	GWP A4	GWP A5	PERT (MJ)	PERNRT (MJ)	FW (M3)	RESIDUOS (kg/m2)	ENVASES (kg/m2)	RESIDUOS TOTALES (kg/m2)	Coste (€/m2)	
BLOQUE 3 Etapas 37-59	T4/T5/T6-F1-S	0,55	10,09	9,46	0,60	0,03	21,55	194,73	0,50	0,86	0,70	1,56	63,58	
	T4/T5/T6-F1-SG	0,36	8,94	8,31	0,60	0,03	20,86	143,98	0,49	0,85	0,70	1,55	63,64	
	T4/T5/T6-F1-SW	0,55	9,82	9,19	0,60	0,03	24,63	219,98	0,50	0,87	0,71	1,58	80,39	
	T4/T5/T6-F1-SC	0,52	-8,05	-8,68	0,60	0,03	501,77	150,53	0,49	0,99	0,71	1,70	93,48	
	T4/T5/T6-F1-VW	0,52	20,33	19,37	0,92	0,04	53,86	365,88	1,37	1,71	0,62	2,33	97,98	
	T4/T5/T6-F1-VQ	0,39	18,66	18,06	0,16	0,44	148,46	349,13	4,06	1,10	0,47	1,57	120,17	
	T4/T5/T6-CI-T	0,36	-0,62	-0,96	0,28	0,05	426,70	171,73	7,03	106,80	0,48	107,28	112,88	
	T4/T5/T6-CI-BI	0,32	1,19	1,17	0,00	0,02	0,45	7,64	0,04	0,00	0,01	0,01	0,01	104,48
	T4/T5/T6-CI-OD	0,35	17,83	17,33	0,47	0,03	211,37	521,51	2,70	0,44	7,62	8,06	121,72	
	CR_AL/V_D	1,87	112,73	112,33	0,35	0,05	446,46	1197,32	14,44	0,33	0,56	0,89	615,87	
CR_AL/V_Dar	1,73	112,73	112,33	0,35	0,05	446,46	1197,32	14,44	0,30	0,56	0,86	622,02		
CR_PVC/V_D	1,45	101,81	101,16	0,61	0,05	91,63	999,05	2,14	0,33	0,35	0,68	489,71		
CR_PVC/V_Dar	1,31	101,81	101,16	0,61	0,05	91,63	999,05	2,14	0,31	0,35	0,65	495,86		
CR_MD/V_D	1,51	-50,94	-51,94	0,95	0,05	4491,60	422,55	72,16	0,31	0,24	0,89	673,10		
CR_MD/V_Dar	1,37	-50,94	-51,94	0,95	0,05	4491,60	422,55	72,16	0,28	0,24	0,87	679,25		
BLOQUE 4 Etapas 60-79	T7/T8/T9-F2-S	0,49	11,20	10,57	0,60	0,03	19,13	226,98	0,46	0,86	0,67	1,53	63,18	
	T7/T8/T9-F2-SG	0,34	10,05	9,42	0,60	0,03	18,43	176,26	0,45	0,85	0,68	1,53	64,69	
	T7/T8/T9-F2-SW	0,47	10,94	10,31	0,60	0,03	22,21	252,39	0,46	0,87	0,68	1,56	74,74	
	T7/T8/T9-F2-SV	0,50	-6,93	-7,56	0,60	0,03	499,38	182,94	0,45	0,99	0,68	1,68	92,68	
	T7/T8/T9-F2-VW	0,44	20,54	19,58	0,92	0,04	41,32	365,70	1,18	1,65	0,53	2,17	90,12	
	T7/T8/T9-F2-VQ	0,36	19,17	18,56	0,44	0,61	149,64	355,52	4,10	1,12	0,50	1,61	126,71	
	T7/T8/T9-CP-FB	0,40	19,63	17,88	1,75	0,00	48,44	304,50	0,57	3,86	0,03	3,89	40,68	
	T7/T8/T9-CP-AU	0,39	7,67	7,49	0,23	0,00	10,41	213,49	0,43	1,65	0,53	2,17	94,10	
	T7/T8/T9-CP-FP	0,38	24,08	23,74	0,34	0,01	20,41	244,50	19,12	4,43	0,65	5,08	51,73	
	T7/T8/T9-CP-GR	0,40	7,33	6,85	0,48	0,00	12,83	182,26	0,21	0,83	0,08	0,91	64,13	
CR_AL/V_D	1,87	112,73	112,33	0,35	0,05	446,46	1197,32	14,44	0,33	0,56	0,89	615,87		
CR_AL/V_Dar	1,73	112,73	112,33	0,35	0,05	446,46	1197,32	14,44	0,30	0,56	0,86	622,02		
CR_PVC/V_D	1,45	101,81	101,16	0,61	0,05	91,63	999,05	2,14	0,33	0,35	0,68	489,71		
CR_PVC/V_Dar	1,31	101,81	101,16	0,61	0,05	91,63	999,05	2,14	0,31	0,35	0,65	495,86		
CR_MD/V_D	1,51	-50,94	-51,94	0,95	0,05	4491,60	422,55	72,16	0,31	0,24	0,89	673,10		
CR_MD/V_Dar	1,37	-50,94	-51,94	0,95	0,05	4491,60	422,55	72,16	0,28	0,24	0,87	679,25		

Tabla 3.15 Propuestas de mejora Valores energéticos, medioambientales y económicos. Bloque 5-Bloque 6
Elaboración propia

BLOQUE	PROPUESTAS	U W/(m2k)	GWP total CO2 eq.(kg)	GWP A1,A2,A3	GWP A4	GWP A5	PERT (MJ)	PERNRT (MJ)	FW (M3)	RESIDUOS (kg/m2)	ENVASES (kg/m2)	RESIDUOS TOTALES (kg/m2)	Coste (€/m2)
BLOQUE 5 Etapa 80-06 UF-T10-80/06 MF-T11-80/06 BA-T12-80/06	T10-F2-S	0,47	11,20	10,57	0,60	0,03	19,13	226,98	0,46	0,86	0,67	1,53	63,24
	T10-F2-SG	0,34	10,05	9,42	0,60	0,03	18,43	176,26	0,45	0,85	0,68	1,53	64,75
	T10-F2-SW	0,46	10,94	10,31	0,60	0,03	22,21	252,39	0,46	0,87	0,68	1,56	74,82
	T10-F2-SC	0,52	-6,93	-7,56	0,60	0,03	499,38	182,94	0,45	0,99	0,68	1,68	92,80
	T10-F2-VW	0,43	20,54	19,58	0,92	0,04	41,32	365,70	1,18	1,65	0,53	2,17	103,19
	T10-F2-VQ	0,35	19,17	18,56	0,17	0,44	149,67	355,51	4,10	1,12	0,50	1,61	126,87
	T10-CP-FB	0,32	27,06	25,18	1,87	0,01	60,29	560,62	0,69	4,19	0,10	4,29	75,96
	T10-CP-AU	0,31	8,64	8,36	0,28	0,00	11,71	240,47	0,45	0,12	0,14	0,25	96,85
	T10-CP-FP	0,30	24,08	23,74	0,34	0,01	20,41	244,50	19,12	4,43	0,65	5,08	42,69
	T10-CP-GR	0,40	7,33	6,85	0,48	0,00	12,83	182,26	0,21	0,83	0,08	0,91	64,13
	CR_AL/V_D	1,87	112,73	112,33	0,35	0,05	446,46	1197,32	14,44	0,33	0,56	0,89	615,87
	CR_AL/V_Dar	1,73	112,73	112,33	0,35	0,05	446,46	1197,32	14,44	0,30	0,56	0,86	622,02
	CR_PVC/V_D	1,45	101,81	101,16	0,61	0,05	91,63	999,05	2,14	0,33	0,35	0,68	489,71
CR_PVC/V_Dar	1,31	101,81	101,16	0,61	0,05	91,63	999,05	2,14	0,31	0,35	0,65	495,86	
CR_MD/V_D	1,51	-50,94	-51,94	0,95	0,05	4491,60	422,55	72,16	0,31	0,24	0,89	673,10	
CR_MD/V_Dar	1,37	-50,94	-51,94	0,95	0,05	4491,60	422,55	72,16	0,28	0,24	0,87	679,25	
BLOQUE 6 Etapa 07Post UF-T13/07Post MF-T14-07Post BA-T15-07Post	T11 a T15-F2-S	0,32	11,20	10,57	0,60	0,03	19,13	226,98	0,46	0,86	0,67	1,53	60,78
	T11 a T15-F2-SG	0,30	10,05	9,42	0,60	0,02	18,43	176,25	0,45	0,85	0,68	1,53	62,24
	T11 a T15-F2-SW	0,32	10,94	10,31	0,60	0,03	22,21	252,39	0,46	0,87	0,68	1,56	72,06
	T11 a T15-F2-SC	0,33	-6,93	-7,56	0,60	0,03	499,38	182,94	0,45	0,99	0,68	1,68	89,60
	T11 a T15-F2-VW	0,36	20,54	19,58	0,92	0,04	41,32	365,70	1,18	1,65	0,53	2,17	98,13
	T11 a T15-F2-VQ	19,17	18,56	17,88	0,44	149,67	355,51	4,10	1,12	0,50	1,61	123,80	
	T11 a T15-CP-FB	0,32	19,63	17,88	1,75	0,00	48,44	304,50	0,57	3,86	0,03	3,89	75,96
	T11 a T15-CP-AU	0,31	8,64	8,36	0,28	0,00	11,71	240,47	0,45	0,12	0,14	0,25	96,85
	T11 a T15-CP-FP	0,30	24,08	23,74	0,34	0,01	20,41	244,50	19,12	4,43	0,65	5,08	42,69
	T11 a T15-CP-GR	0,32	40,30	39,23	1,05	0,02	96,17	691,05	1,05	5,27	1,05	6,32	75,84
	CR_AL/V_D	1,87	112,73	112,33	0,35	0,05	446,46	1197,32	14,44	0,33	0,56	0,89	615,87
	CR_AL/V_Dar	1,73	112,73	112,33	0,35	0,05	446,46	1197,32	14,44	0,30	0,56	0,86	622,02
	CR_PVC/V_D	1,45	101,81	101,16	0,61	0,05	91,63	999,05	2,14	0,33	0,35	0,68	489,71
CR_PVC/V_Dar	1,31	101,81	101,16	0,61	0,05	91,63	999,05	2,14	0,31	0,35	0,65	495,86	
CR_MD/V_D	1,51	-50,94	-51,94	0,95	0,05	4491,60	422,55	72,16	0,31	0,24	0,89	673,10	
CR_MD/V_Dar	1,37	-50,94	-51,94	0,95	0,05	4491,60	422,55	72,16	0,28	0,24	0,87	679,25	

3.4.3.4. Análisis de datos medioambientales y económicos de las propuestas de mejora

Con los valores cuantificados de los indicadores ambientales y los costes pueden plantearse estrategias de intervención en la envolvente donde se tengan en cuenta ambos factores. Además, los resultados variarán dependiendo del Arquetipo Urbano de que se trate, dado que los datos están calculados para cada uno de ellos.

Análisis en Cubiertas inclinadas

Para el análisis de las propuestas planteadas en las cubiertas inclinadas, se toman los valores para los arquetipos urbanos correspondientes a viviendas unifamiliares y además antiguos, (UF-T1-Pre1900) se muestran los resultados en la Imagen 3.89 y la Imagen 3.90. Si comparamos los indicadores medioambientales la solución más sostenible, por presentar menores valores de GWP, PERT/PERNRT y residuos es la indicada como Borjatherm, se trata de un sistema industrializado y patentado por la empresa Tejas Borja, formado por un panel rígido con un núcleo de espuma de poliuretano de célula cerrada, protegido por un revestimiento de aluminio. Además de ser el más económico en este caso. En cambio, puede observarse que el sistema tradicional de construcción resulta ser la menos sostenible, siendo la que más residuos genera. Aquí se ve claramente la importancia de fomentar la industrialización en la construcción, dado que el control de residuos es mayor, además de conseguir precios muy competitivos.

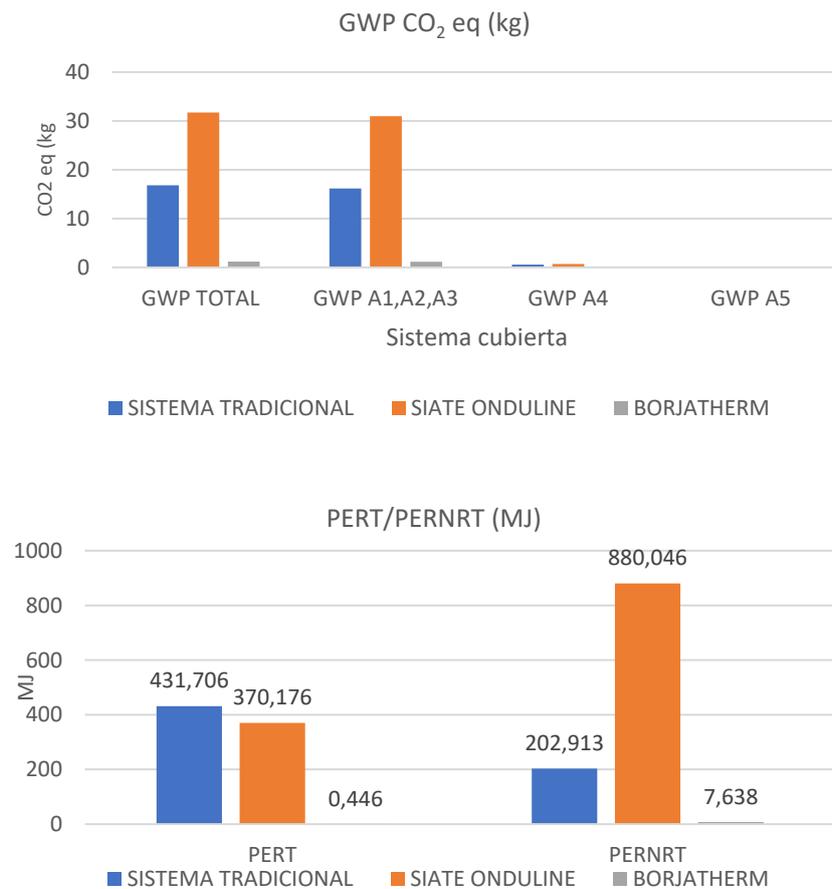


Imagen 3.89 Indicadores medioambientales para las propuestas de cubiertas inclinadas. Elaboración propia

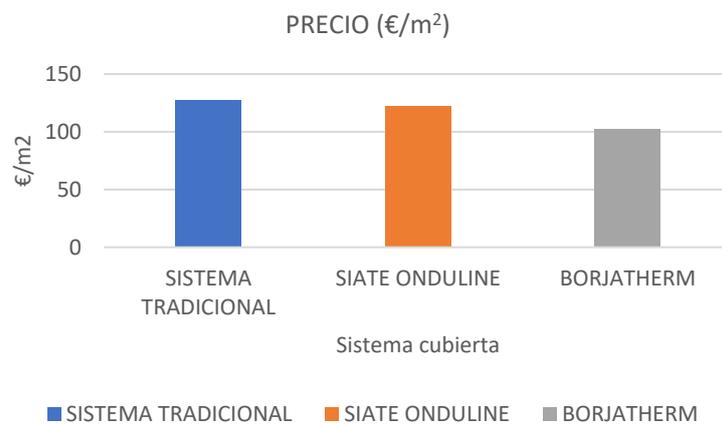
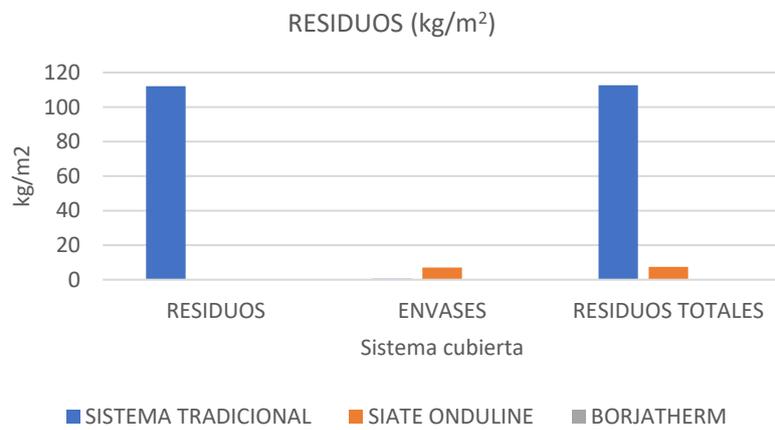
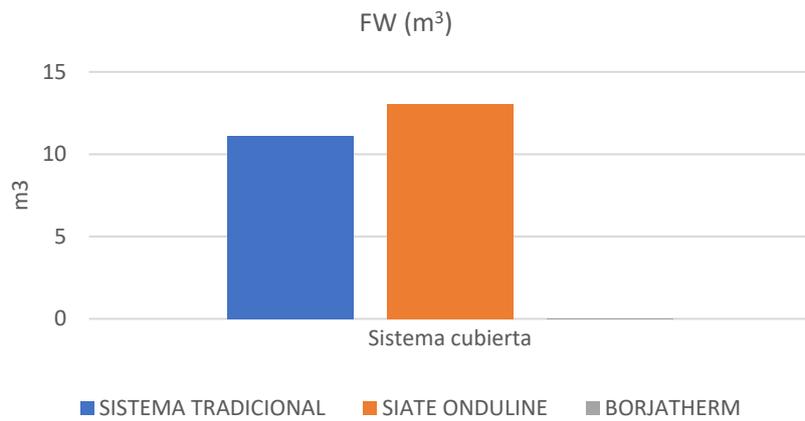


Imagen 3.90 Indicadores de residuos y de costes para las propuestas de cubiertas inclinadas. Elaboración propia

Análisis en Cubiertas planas

La Imagen 3.91 representa el análisis de los sistemas constructivos para las cubiertas planas, para el caso comparativo de los indicadores medioambientales. En este caso se toman para el análisis los valores obtenidos para el AU UF-T7-60/79 (periodo en el que es representativo este sistema de cubiertas). Tras el estudio se concluye que la cubierta ajardinada seguida de la acabada con gravas, son las que presentan valores de más bajos para emisiones de CO₂, consumos de energía no renovable y consumos de agua.

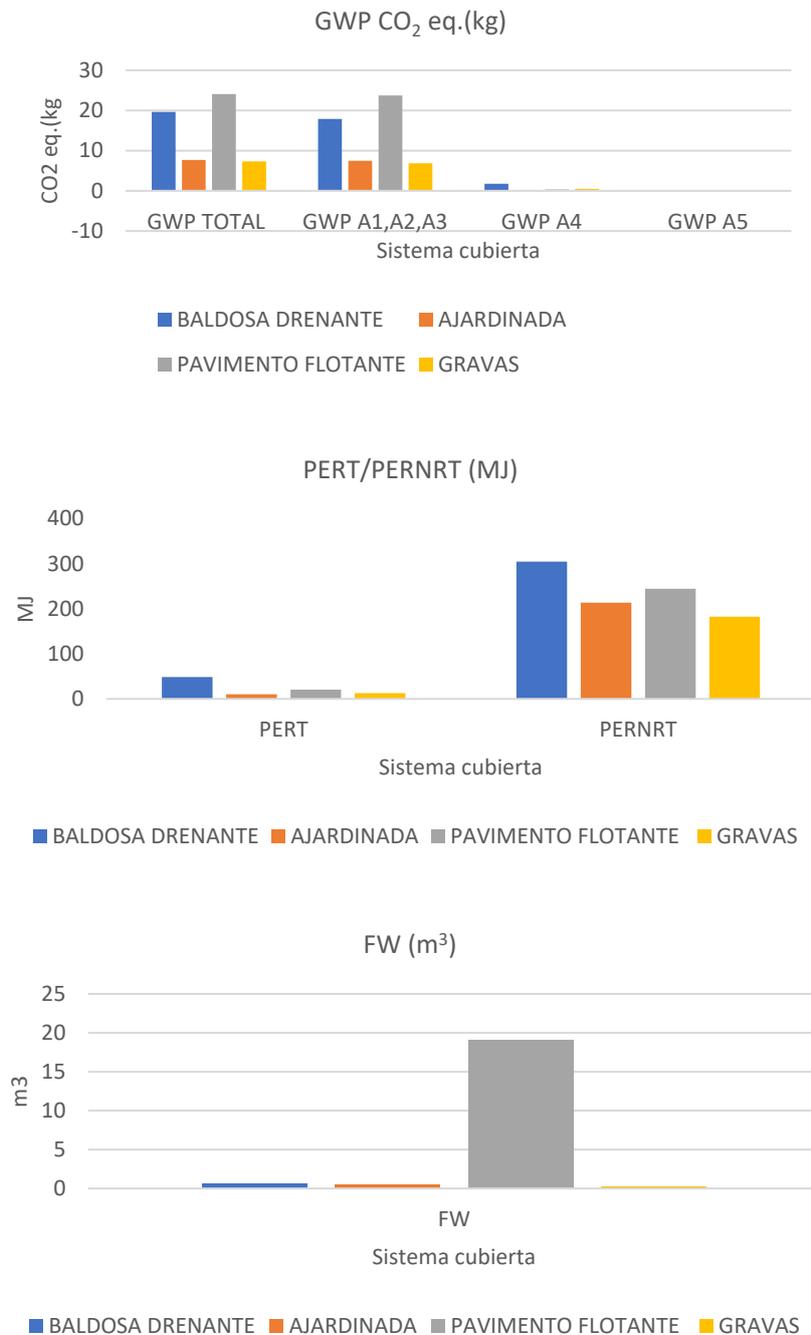


Imagen 3.91 Indicadores medioambientales para las propuestas de cubiertas planas. Elaboración propia

En cambio, desde un punto de vista económico, la cubierta ajardinada resulta la más penalizada, según muestra la Imagen 3.92. El aspecto económico requiere de estudios más pormenorizados, dado que es un parámetro condicionado por muchos factores, entre ellos el nivel de tecnificación del sistema. Es de destacar el gran consumo de agua que supone una cubierta con pavimento flotante, así como también emisiones junto a la de baldosa drenante. Ambos sistemas tienen en su composición cementos en la elaboración de las baldosas drenante y materiales plásticos en el caso de las cubiertas flotantes con plots, los cuales tienen una huella de carbono elevada, penalizando la solución. Desde el punto de vista de costes, las cubiertas invertidas con acabado de gravas resultan ser la más ventajosas por ser muy rápidas de ejecutar, optimizando así el coste de la mano de obra.

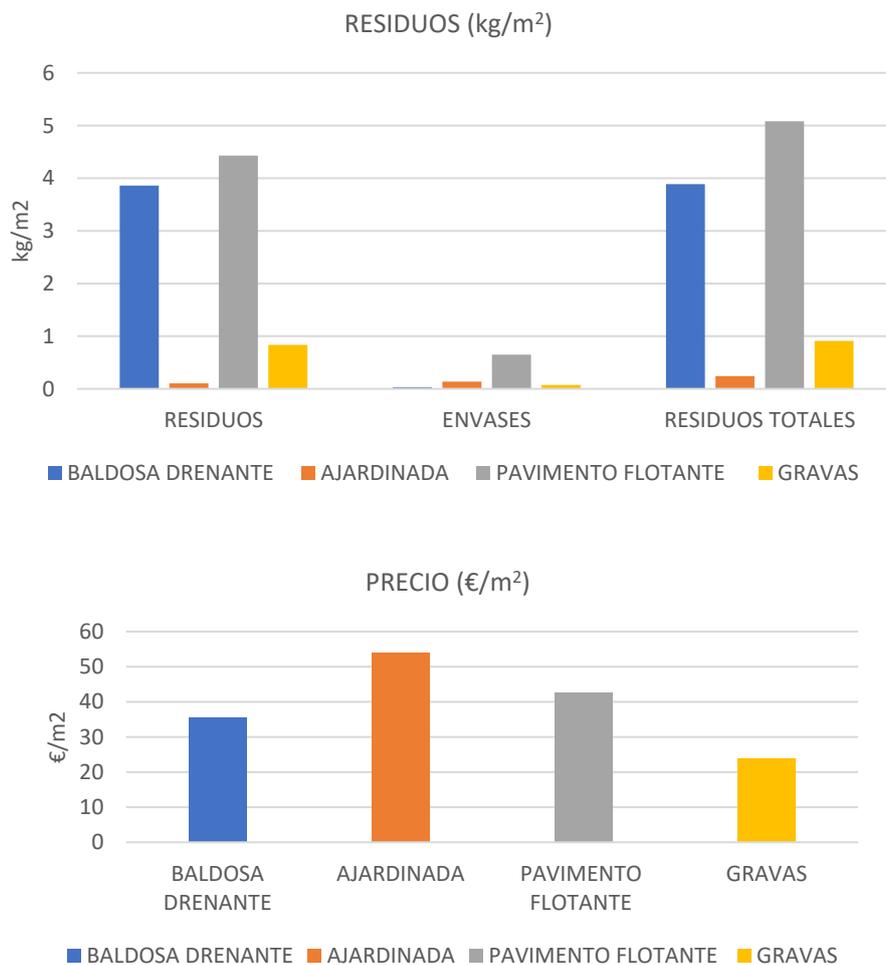


Imagen 3.92 Indicadores medioambientales, de residuos y costes para las propuestas de cubiertas planas. Elaboración propia

Análisis en Fachadas

En este caso se toman para el análisis los valores obtenidos para el AU BA-T6-37/59. Este arquetipo presenta doble hoja, lo que permite la propuesta de la insuflación de aislante térmico en la cámara de aire, dado que se presupone vacía por la etapa a la que corresponde. En Imagen 3.93 e Imagen 3.94, se observan los resultados. Entre las estrategias de intervención en la fachada planteadas, la utilización del sistema de aislamiento exterior mediante el uso de corcho natural, como material de aislamiento térmico, se presenta como una propuesta muy interesante desde el punto de vista medioambiental, aunque no estando extendida en el ámbito práctico de la construcción. Es una buena alternativa frente a otros productos que no son de origen natural como los poliestirenos expandidos o extruidos tan comunes en la práctica. Las fachadas ventiladas o con sistemas más industrializados, aunque ofrecen ventajas en la rapidez de montaje, son sistemas que incluyen perfileros metálicas o bien materiales que incorporan cementos que no son tan sostenibles medioambientalmente.

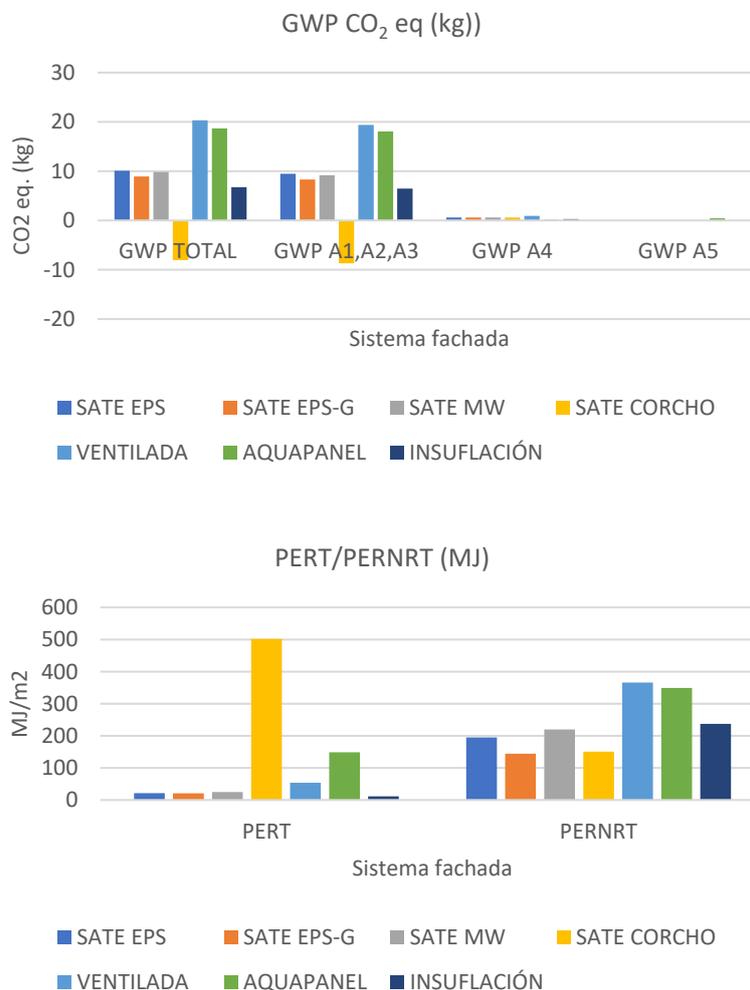


Imagen 3.93 Indicadores medioambientales para las propuestas de fachadas. Elaboración propia

Respecto los sistemas de insuflado de cámaras, aunque estuvieron muy extendidos como buenas alternativas en la rehabilitación por ser poco invasores en el proceso constructivo y económicamente resultar muy atractivos, no resuelven de manera eficiente la mejora energética, dado que los puentes térmicos son difíciles de resolver, además que los espesores resultantes del aislamiento dependerán de la cámara disponible entre tabiquería interior y cerramiento exterior.

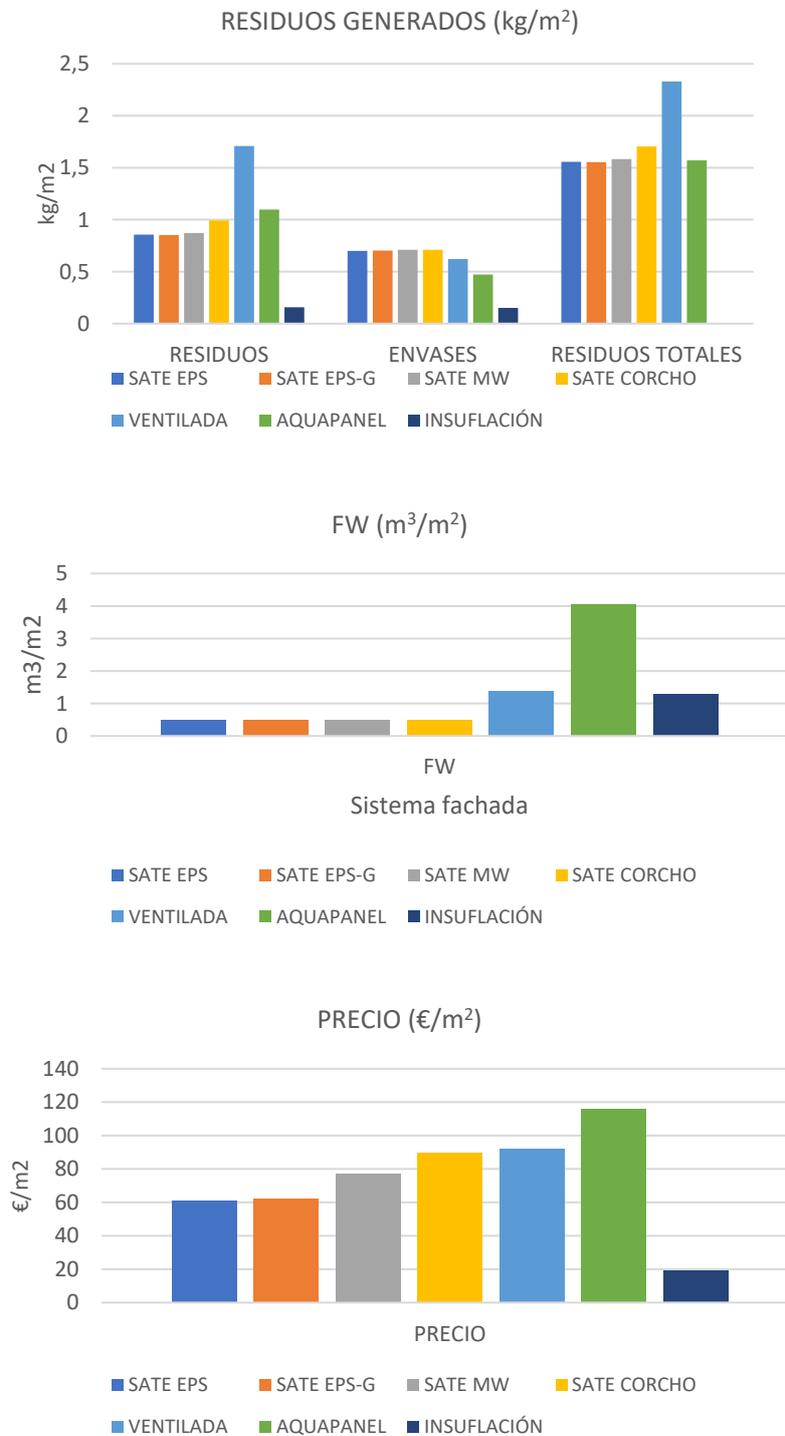


Imagen 3.94 Indicadores medioambientales, residuos, consumo agua y costes para las propuestas de FACHADAS. Elaboración propia

3.4.4 Estrategias de intervención y análisis multicriterio

Las propuestas de actuación se han realizado para cada elemento de la envolvente, considerando la situación de partida del Arquetipo Urbano, además todas ellas cumplen con los valores de transmitancia térmica requeridos por el CTE y para el supuesto de la zona climática donde se ubica el barrio objeto de estudio, zona B. Por tanto, a efectos de aplicación de mejora mediante medidas pasivas en la envolvente, la eficiencia energética del edificio debe dar los resultados requeridos con las propuestas realizadas.

El objetivo de las estrategias de actuación de mejora es, proponer combinaciones de propuestas optimizadas tal que tengan en cuenta el aspecto de mejora del comportamiento energético y medioambiental. Si partimos del supuesto que todas ellas van a cumplir la mejora energética, dado que todas las propuestas están realizadas al cumplimiento del CTE, se tendrán en cuenta otros indicadores, tales como los medioambientales y los de coste, que apoyen en la toma de decisiones. Así pues, los indicadores energéticos, medioambientales y de costes obtenidos para cada una de las propuestas son:

1. Indicador energético de la propuesta
 - **U**, Transmitancia de la propuesta constructiva
2. Indicadores medioambientales
 - **GWP total CO₂ eq. (kg)**, Potencial de calentamiento global (PCG)
 - **GWP A1, A2, A3**, PCG para las fases del ciclo de vida de suministro y transporte de materias primas (A1 y A2) y fabricación del producto (A3)
 - **GWP A4**, PCG para la fase de ciclo de vida de transporte de producto
 - **GWP A5**, PCG para la fase de ciclo de vida de proceso de instalación del producto y construcción
 - **PERT (MJ)**, Uso total de energía primaria renovable
 - **PERNRT (MJ)**, Uso total de energía primaria No renovable
 - **FW (M₃)**, Uso neto de recursos de agua corriente
 - **RESIDUOS (Kg/m₂)**, Residuos generados
 - **ENVASES (Kg/m₂)**, Residuos generados en envases
 - **RESIDUOS TOTALES (Kg/m₂)**, Residuos totales
3. Indicador económico
 - **Coste (€/m₂)**, Coste total del sistema constructivo

Las propuestas de mejora se han realizado teniendo en cuenta el estado actual del edificio, así pues. Se plantean propuestas para cubiertas planas y cubiertas inclinadas, estas para el caso de arquetipos de mayor antigüedad, y por último, común a todos los bloques, se plantean tres tipologías de carpinterías con dos sistemas de vidrio. Todas las propuestas tienen valores de transmitancia térmica que no superan los valores admitidos por el CTE. En Tabla 3.16 se presenta el cuadro resumen, de las abreviaciones empleadas para cada propuesta.

Tabla 3.16 Propuestas de mejora energética para los Arquetipos Urbanos

FACHADA 1 HOJA	FACHADA 2 HOJAS	SISTEMA	Descripción
F1	F2	S	SATE. EPS (Poliestireno Expandido)
F1	F2	SG	SATE. EPS-G (Grafito)
F1	F2	SW	SATE. LANA MINERAL MW
F1	F2	SC	SATE. CORCHO.
F1	F2	VW	Fachada Ventilada. LANA MINERAL
F1	F2	VQ	SATE+ paneles cemento. LANA MINERAL.
F1	F2	I	LANA MINERAL mediante insuflación por el exterior

CUBIERTA PLANA	SISTEMA	Descripción
CP	FB	INVERTIDA BALDOSA FLOTANTE DREN
CP	AJ	INVERTIDA AJARDINADA EXTENSIVA
CP	FP	INVERTIDA PAVIMENTO FLOTANTE PLOTS
CP	GR	INVERTIDA TERMINACIÓN GRAVAS

CUBIERTA INCLINADA	SISTEMA	Descripción
CI	T	SISTEMA RASTRELADO Y PANEL MW SOBRE TABLERO FIBRAS
CI	BJ	SISTEMA INDUSTRIALIZADO DE PANEL CON AT SOBRE ESTRUCTURA PORTANTE
CI	OD	SISTEMA INDUSTRIALIZADO DE PLACA ONDULADA BT Y PANEL CON AT

CARPINTERIA	SISTEMA	Descripción
CR-AL	METALICA	ALUMINIO CON ROTURA DE PUENTE TERMICO
CR-PVC	PVC	TRES CAMARAS
CR-MD	MADERA	DENSIDAD MEDIA

VIDRIOS	SISTEMA	Descripción
V-D	DOBLES	BAJO EMISIVOS CAMARA DE AIRE
V-Dar	DOBLES	BAJOS EMISIVOS Y CON CÁMARA DE ARGÓN

Para formular las estrategias de mejora se plantea una organización de la información por Bloques como sigue y se resume en la Tabla 3.17:

- Se plantean seis bloques que representan a Arquetipos que comparten la misma etapa constructiva.
- Cada bloque incluye las propuestas de intervención en la envolvente ya definidas anteriormente.
- Para cada propuesta se han calculado los indicadores energéticos, medioambientales y de coste.

Tabla 3.17 Bloques de información de propuestas e Indicadores. Elaboración propia

BLOQUE	PROPUESTAS	U W/(m2K)	GWP total CO2 eq.(kg)	GWP A1,A2,A3	GWP A4	GWP A5	PERT (MJ)	PERNRT (MJ)	FW (M3)
BLOQUE 1 Etapa Pre1900 2,19%	T1-F1-S	0,5	8,466	7,933	0,507	0,025	19,779	146,135	0,297
	T1-F1-SG	0,36	8,938	8,31	0,602	0,025	20,855	143,974	0,485
	T1-F1-SW	0,5	9,818	9,19	0,602	0,025	0,446	7,638	0,034
	T1-F1-SC	0,54	-8,049	-8,677	0,602	0,025	501,766	150,526	0,484
	T1-F1-VW	0,47	20,328	19,37	0,923	0,035	53,858	365,869	1,37
	T1-F1-VQ	0,37	18,66	18,063	0,157	0,44	148,463	349,125	4,058
	T1-CI-T	0,42	16,813	16,17	0,592	0,051	431,706	202,913	11,103
	T1-CI-BJ	0,33	1,194	1,173	0,004	0,016	0,446	7,638	0,034
	T1-CI-OD	0,39	31,732	31,001	0,706	0,025	370,176	880,046	13,069
	CR_AL/V_D	1,87	112,727	112,332	0,349	0,047	446,461	1197,317	14,439
	CR_AL/V_Dar	1,73	112,727	112,332	0,349	0,047	446,461	1197,317	14,439
	CR_PVC/V_D	1,45	101,81	101,158	0,606	0,047	91,625	999,053	2,138
	CR_PVC/V_Dar	1,31	101,81	101,158	0,606	0,047	91,625	999,053	2,138
	CR_MD/V_D	1,51	-50,938	-51,942	0,951	0,053	4491,602	422,552	72,162
	CR_MD/V_Dar	1,37	-50,938	-51,942	0,951	0,053	4491,602	422,552	72,162
BLOQUE 2 Etapa 01-36 6,23%	T2/T3-F1-S	0,55	10,09	9,462	0,602	0,026	21,551	194,728	0,501
	T2/T3-F1-SG	0,45	8,939	8,31	0,602	0,026	20,855	143,978	0,486
	T2/T3-F1-SW	0,55	9,818	9,19	0,602	0,026	24,629	219,982	0,501
	T2/T3-F1-SC	0,52	-8,048	-8,677	0,602	0,026	501,766	150,531	0,486
	T2/T3-F1-VW	0,52	20,329	19,37	0,923	0,037	53,858	365,879	1,373
	T2/T3-F1-VQ	0,39	18,66	18,063	0,157	0,441	148,463	349,129	4,059
	T2/T3-CI-T	0,35	-0,621	-0,956	0,283	0,053	426,699	171,726	7,025
	T2/T3-CI-BJ	0,31	1,194	1,173	0,004	0,017	0,446	7,642	0,035
	T2/T3-CI-OD	0,42	17,833	17,334	0,473	0,026	211,368	521,511	2,7
	CR_AL/V_D	1,87	112,727	112,332	0,349	0,047	446,461	1197,317	14,439
	CR_AL/V_Dar	1,73	112,727	112,332	0,349	0,047	446,461	1197,317	14,439
	CR_PVC/V_D	1,45	101,81	101,158	0,606	0,047	91,625	999,053	2,138
	CR_PVC/V_Dar	1,31	101,81	101,158	0,606	0,047	91,625	999,053	2,138
	CR_MD/V_D	1,51	-50,938	-51,942	0,951	0,053	4491,602	422,552	72,162
	CR_MD/V_Dar	1,37	-50,938	-51,942	0,951	0,053	4491,602	422,552	72,162
BLOQUE 3 Etapa 37-59 12,38%	T4/T5/T6-F1-S	0,55	10,09	9,462	0,602	0,026	21,551	194,728	0,501
	T4/T5/T6-F1-SG	0,36	8,939	8,31	0,602	0,026	20,855	143,978	0,486
	T4/T5/T6-F1-SW	0,55	9,818	9,19	0,602	0,026	24,629	219,982	0,501
	T4/T5/T6-F1-SC	0,52	-8,048	-8,677	0,602	0,026	501,766	150,531	0,486
	T4/T5/T6-F1-VW	0,52	20,329	19,37	0,923	0,037	53,858	365,879	1,373
	T4/T5/T6-F1-VQ	0,39	18,66	18,063	0,157	0,441	148,463	349,129	4,059
	T4/T5/T6-F1-CI-T	0,36	-0,621	-0,956	0,283	0,053	426,699	171,726	7,025
	T4/T5/T6-F1-CI-BJ	0,32	1,194	1,173	0,004	0,017	0,446	7,642	0,035
	T4/T5/T6-F1-CI-OD	0,35	17,833	17,334	0,473	0,026	211,368	521,511	2,7
	CR_AL/V_D	1,87	112,727	112,332	0,349	0,047	446,461	1197,317	14,439
	CR_AL/V_Dar	1,73	112,727	112,332	0,349	0,047	446,461	1197,317	14,439
	CR_PVC/V_D	1,45	101,81	101,158	0,606	0,047	91,625	999,053	2,138
	CR_PVC/V_Dar	1,31	101,81	101,158	0,606	0,047	91,625	999,053	2,138
	CR_MD/V_D	1,51	-50,938	-51,942	0,951	0,053	4491,602	422,552	72,162
	CR_MD/V_Dar	1,37	-50,938	-51,942	0,951	0,053	4491,602	422,552	72,162
BLOQUE 4 Etapa 60-79 47,81%	T7/T8/T9-F2-S	0,49	11,201	10,574	0,602	0,026	19,127	226,977	0,463
	T7/T8/T9-F2-SG	0,34	10,052	9,424	0,602	0,026	18,432	176,256	0,448
	T7/T8/T9-F2-SW	0,47	10,939	10,312	0,602	0,026	22,211	252,389	0,464
	T7/T8/T9-F2-SC	0,5	-6,928	-7,555	0,602	0,026	499,384	182,938	0,449
	T7/T8/T9-F2-VW	0,44	20,536	19,58	0,92	0,036	41,319	365,697	1,18
	T7/T8/T9-F2-VQ	0,36	19,169	18,556	0,441	0,613	149,637	355,521	4,095
	T7/T8/T9-CP-FB	0,4	19,632	17,884	1,751	-0,003	48,44	304,498	0,57
	T7/T8/T9-CP-AJ	0,39	7,674	7,485	0,231	0,003	10,414	213,489	0,431
	T7/T8/T9-CP-PP	0,38	24,084	23,738	0,337	0,009	20,412	244,499	19,12
	T7/T8/T9-CP-GR	0,4	7,334	6,852	0,481	0,001	12,829	182,261	0,211
	CR_AL/V_D	1,87	112,727	112,332	0,349	0,047	446,461	1197,317	14,439
	CR_AL/V_Dar	1,73	112,727	112,332	0,349	0,047	446,461	1197,317	14,439
	CR_PVC/V_D	1,45	101,81	101,158	0,606	0,047	91,625	999,053	2,138
	CR_PVC/V_Dar	1,31	101,81	101,158	0,606	0,047	91,625	999,053	2,138
	CR_MD/V_D	1,51	-50,938	-51,942	0,951	0,053	4491,602	422,552	72,162
CR_MD/V_Dar	1,37	-50,938	-51,942	0,951	0,053	4491,602	422,552	72,162	
BLOQUE 5 Etapa 80-06 21,85%	T10-F2-S	0,47	11,201	10,574	0,602	0,026	19,127	226,977	0,463
	T10-F2-SG	0,34	10,052	9,424	0,602	0,026	18,432	176,256	0,448
	T10-F2-SW	0,46	10,939	10,312	0,602	0,026	22,211	252,389	0,464
	T10-F2-SC	0,52	-6,928	-7,555	0,602	0,026	499,384	182,938	0,449
	T10-F2-VW	0,43	20,536	19,58	0,92	0,036	41,319	365,697	1,18
	T10-F2-VQ	0,35	19,169	18,556	0,172	0,441	149,673	355,512	4,095
	T10-CP-FB	0,32	27,057	25,179	1,87	0,009	60,288	560,622	0,69
	T10-CP-AJ	0,31	8,639	8,357	0,278	0,003	11,708	240,474	0,447
	T10-CP-PP	0,3	24,084	23,738	0,337	0,009	20,412	244,499	19,12
	T10-CP-GR	0,4	7,334	6,852	0,481	0,001	12,829	182,261	0,211
	CR_AL/V_D	1,87	112,727	112,332	0,349	0,047	446,461	1197,317	14,439
	CR_AL/V_Dar	1,73	112,727	112,332	0,349	0,047	446,461	1197,317	14,439
	CR_PVC/V_D	1,45	101,81	101,158	0,606	0,047	91,625	999,053	2,138
	CR_PVC/V_Dar	1,31	101,81	101,158	0,606	0,047	91,625	999,053	2,138
	CR_MD/V_D	1,51	-50,938	-51,942	0,951	0,053	4491,602	422,552	72,162
CR_MD/V_Dar	1,37	-50,938	-51,942	0,951	0,053	4491,602	422,552	72,162	
BLOQUE 6 Etapa 07Post 9,54%	T11 a T15-F2-S	0,32	11,201	10,574	0,602	0,026	19,127	226,977	0,463
	T11 a T15-F2-SG	0,3	10,05	9,424	0,602	0,024	18,432	176,247	0,446
	T11 a T15-F2-SW	0,32	10,939	10,312	0,602	0,026	22,211	252,389	0,464
	T11 a T15-F2-SC	0,33	-6,928	-7,555	0,602	0,026	499,384	182,938	0,449
	T11 a T15-F2-VW	0,36	20,536	19,58	0,92	0,036	41,319	365,697	1,18
	T11 a T15-F2-VQ	0,19	19,169	18,556	0,172	0,441	149,673	355,512	4,095
	T11 a T15-CP-FB	0,32	19,632	17,884	1,751	-0,003	48,44	304,498	0,57
	T11 a T15-CP-AJ	0,31	8,639	8,357	0,278	0,003	11,708	240,474	0,447
	T11 a T15-CP-PP	0,3	24,084	23,738	0,337	0,009	20,412	244,499	19,12
	T11 a T15-CP-GR	0,32	40,298	39,233	1,046	0,019	96,167	691,054	1,046
	CR_AL/V_D	1,87	112,727	112,332	0,349	0,047	446,461	1197,317	14,439
	CR_AL/V_Dar	1,73	112,727	112,332	0,349	0,047	446,461	1197,317	14,439
	CR_PVC/V_D	1,45	101,81	101,158	0,606	0,047	91,625	999,053	2,138
	CR_PVC/V_Dar	1,31	101,81	101,158	0,606	0,047	91,625	999,053	2,138
	CR_MD/V_D	1,51	-50,938	-51,942	0,951	0,053	4491,602	422,552	72,162
CR_MD/V_Dar	1,37	-50,938	-51,942	0,951	0,053	4491,602	422,552	72,162	

3.4.4.1. Formulación estrategias:

A partir de los Bloques de información se realizará una combinación de las distintas propuestas en busca de las estrategias de intervención óptimas. Dado que para todos los indicadores el óptimo es el menor valor, se considerarán las mejoras estrategias aquellas que resulten de la combinación de Fachada-Cubierta-Carpintería en un menor valor. Para que puedan interrelacionarse todos los indicadores se procederá a una normalización de estos. Del mismo modo, dado que la repercusión de cada elemento de la envolvente es distinta, se aplicarán valores de ponderación para la Fachada, la Cubierta y la Carpintería, según hemos deducido del estudio previo realizado anteriormente (apartado 3.4.5).

Así pues, se sigue el siguiente procedimiento metodológico para obtener el óptimo:

- Cálculo de los indicadores energéticos, medioambientales y de costes de cada propuesta (realizado en la fase de Propuestas)
- Normalización los parámetros de los diferentes indicadores para que tengan una escala similar y por tanto hacerlos comparables entre ellos. Se normalizan los valores de cada variable a valores entre 0 y 1, con la fórmula:

$$(\text{Valor}-V_{\text{mínimo}})/(V_{\text{máximo}}-V_{\text{mínimo}})$$
- Cálculo del número de combinaciones posibles. Considerando que se han planteado, seis propuestas de fachada, cuatro de cubierta y seis de carpintería, trazamos un cuadro de combinaciones según el principio multiplicativo, que resultará en 144 estrategias posibles. Para mostrar el proceso se ha tomado el Bloque 4 correspondiente a las tipologías mayoritarias, UFT7-MFT8 y BAT9, de la etapa 60-79, Tabla 3.18:

Tabla 3.18 Planteamiento de las combinaciones a partir de las propuestas de mejora. Elaboración propia

B4-T7/T8/T9-60/79					
	FACHADA 2H (F2)	CUBIERTA PLANA (CP)	CARPINTERIA (CR)		
	F2-S	CP-FB	CR_AL/V_D		
	F2-SG	CP-AJ	CR_AL/V_Dar		
	F2-SW	CP-FP	CR_PVC/V_D		
	F2-SC	CP-GR	CR_PVC/V_Dar		
	F2-VW		CR_MD/V_D		
	F2-VQ		CR_MD/V_Dar		
Opciones	6	4	6	TOTAL	144

B4-T7/T8/T9-60/79					
	FACHADA 2H (F2)	CUBIERTA PLANA (CP)	CARPINTERIA (CR)		
	F2-S	CP-FB	CR_AL/V_D		
	F2-SG	CP-AJ	CR_AL/V_Dar		
	F2-SW	CP-FP	CR_PVC/V_D		
	F2-SC	CP-GR	CR_PVC/V_Dar		
	F2-VW		CR_MD/V_D		
	F2-VQ		CR_MD/V_Dar		
Opciones	6	4	6	TOTAL	144

- Se genera un listado de todas las combinaciones, Tabla 3.19, posibles de atributos en varias variables mediante el método multiplicativo, más allá de las 144 posibles. Por ejemplo, en este caso, si hubiera seis propuestas de cubierta, tendríamos un total de 216 combinaciones, en este caso solo son válidos los valores hasta el orden 144, a partir de 145 empezarían a repetirse las combinaciones.

Tabla 3.19 Listado combinatorio de estrategias. Elaboración propia

B4-T7/T8/T9-60/79					
	FACHADA 2H (F2)	CUBIERTA PLANA (CP)	CARPINTERIA (CR)		
	F2-S	CP-FB	CR_AL/V_D		
	F2-SG	CP-AJ	CR_AL/V_Dar		
	F2-SW	CP-FP	CR_PVC/V_D		
	F2-SC	CP-GR	CR_PVC/V_Dar		
	F2-VW		CR_MD/V_D		
	F2-VQ		CR_MD/V_Dar		
opciones	6	4	6	total	144

	F2	CP	CR
1	F2-S	CP-FB	CR_AL/V_D
2	F2-S	CP-FB	CR_AL/V_Dar
3	F2-S	CP-FB	CR_PVC/V_D
4	F2-S	CP-FB	CR_PVC/V_Dar
5	F2-S	CP-FB	CR_MD/V_D
6	F2-S	CP-FB	CR_MD/V_Dar
7	F2-S	CP-AJ	CR_AL/V_D
8	F2-S	CP-AJ	CR_AL/V_Dar
9	F2-S	CP-AJ	CR_PVC/V_D
10	F2-S	CP-AJ	CR_PVC/V_Dar
11	F2-S	CP-AJ	CR_MD/V_D
...			
138	F2-VQ	CP-FP	CR_MD/V_Dar
139	F2-VQ	CP-GR	CR_AL/V_D
140	F2-VQ	CP-GR	CR_AL/V_Dar
141	F2-VQ	CP-GR	CR_PVC/V_D
142	F2-VQ	CP-GR	CR_PVC/V_Dar
143	F2-VQ	CP-GR	CR_MD/V_D
144	F2-VQ	CP-GR	CR_MD/V_Dar
145	F2-S	CP-FB	CR_AL/V_D
146	F2-S	CP-FB	CR_AL/V_Dar
...			
209	F2-SW	CP-FP	CR_MD/V_D
210	F2-SW	CP-FP	CR_MD/V_Dar
211	F2-SW	CP-GR	CR_AL/V_D
212	F2-SW	CP-GR	CR_AL/V_Dar
213	F2-SW	CP-GR	CR_PVC/V_D
214	F2-SW	CP-GR	CR_PVC/V_Dar
215	F2-SW	CP-GR	CR_MD/V_D
216	F2-SW	CP-GR	CR_MD/V_Dar

- Generadas las combinaciones, pasaremos a llamarlas Estrategias, por ejemplo:
 - o Estrategia 1_Fachada1-Cubierta1-Carpintería1:
 - (F2-S/CP-FB-CR_AL/V_D)
- Con el objeto de ajustar la representatividad del elemento, se aplica un factor de ponderación para cada elemento de la envolvente, Fachada (69%), Cubierta (14%), Carpintería (17%). Esta ponderación se analizó en el apartado 3.4.4 (Estudios previos al planteamiento de estrategias de intervención).
- Para que la descripción de las combinaciones aparezca cuantificada, sustituimos la descripción por el valor promedio de los indicadores, así obtendremos una puntuación global para cada propuesta, Tabla 3.20.

Tabla 3.20 Cuantificación de las estrategias. Elaboración propia

B4-T7/T8/T9-60/79

	FACHADA 2H (F2)	CUBIERTA PLANA (CP)	CARPINTERIA (CR)		
	0,44057155	0,16870402	0,39876469		
	0,4003137	0,09590211	0,39780467		
	0,46163322	0,2324396	0,30373717		
	0,43112734	0,0542098	0,30277715		
	0,68789193		0,39022285		
	0,63157193		0,38926283		
opciones	6	4	6	total	144

ORDEN	F2	CP	CR	total	F2	CP	CR
1	0,44057155	0,16870402	0,39876469	1,01	F2-S	CP-FB	CR_AL/V_D
2	0,44057155	0,16870402	0,39780467	1,01	F2-S	CP-FB	CR_AL/V_Dar
3	0,44057155	0,16870402	0,30373717	0,91	F2-S	CP-FB	CR_PVC/V_D
4	0,44057155	0,16870402	0,30277715	0,91	F2-S	CP-FB	CR_PVC/V_Dar
5	0,44057155	0,16870402	0,39022285	1,00	F2-S	CP-FB	CR_MD/V_D
6	0,44057155	0,16870402	0,38926283	1,00	F2-S	CP-FB	CR_MD/V_Dar
7	0,44057155	0,09590211	0,39876469	0,94	F2-S	CP-AJ	CR_AL/V_D
8	0,44057155	0,09590211	0,39780467	0,93	F2-S	CP-AJ	CR_AL/V_Dar
9	0,44057155	0,09590211	0,30373717	0,84	F2-S	CP-AJ	CR_PVC/V_D
10	0,44057155	0,09590211	0,30277715	0,84	F2-S	CP-AJ	CR_PVC/V_Dar
11	0,44057155	0,09590211	0,39022285	0,93	F2-S	CP-AJ	CR_MD/V_D

- Si ordenamos los valores totales por el óptimo (de menor a mayor) obtendremos la relación de estrategias ordenadas de forma óptimas, Tabla 3.21.

Tabla 3.21 Relación de estrategias cuantificadas y optimizadas. Elaboración propia

ORDEN	F2	CP	CR	total	F2	CP	CR	ESTRATEGIA
94	0,431	0,054	0,303	0,788	F2-SC	CP-GR	CR_PVC/V_Dar	F2-SC;CP-GR;CR_PVC/V_Dar
80	0,431	0,054	0,303	0,788	F2-SC	CP-AJ	CR_AL/V_Dar	F2-SC;CP-AJ;CR_CR_AL/V_Dar
84	0,431	0,054	0,303	0,788	F2-SC	CP-AJ	CR_MD/V_Dar	F2-SC;CP-AJ;CR_CR_MD/V_Dar
93	0,431	0,054	0,304	0,789	F2-SC	CP-GR	CR_PVC/V_D	F2-SC;CP-GR;CR_CR_PVC/V_D
79	0,431	0,054	0,304	0,789	F2-SC	CP-AJ	CR_AL/V_D	F2-SC;CP-AJ;CR_CR_AL/V_D
1	0,441	0,054	0,303	0,798	F2-S	CP-FB	CR_AL/V_D	F2-S;CP-FB;CR_CR_AL/V_D
13	0,441	0,054	0,304	0,799	F2-S	CP-FP	CR_AL/V_D	F2-S;CP-FP;CR_CR_AL/V_D
12	0,441	0,054	0,304	0,799	F2-S	CP-AJ	CR_MD/V_Dar	F2-S;CP-AJ;CR_CR_MD/V_Dar
31	0,400	0,096	0,303	0,799	F2-SG	CP-AJ	CR_AL/V_D	F2-SG;CP-AJ;CR_CR_AL/V_D
45	0,400	0,096	0,304	0,800	F2-SG	CP-GR	CR_PVC/V_D	F2-SG;CP-GR;CR_CR_PVC/V_D
87	0,431	0,096	0,304	0,831	F2-SC	CP-FP	CR_PVC/V_D	F2-SC;CP-FP;CR_CR_PVC/V_D

Este método nos permite hacer un análisis más pormenorizado, en donde se tengan en cuenta los indicadores que sean de interés según el objetivo, así pues, las estrategias óptimas cambian según se priorice la combinación de unos indicadores u otros.

3.4.4.2. Resultados estrategias

Las estrategias pueden optimizarse según el indicador que interese o combinación de ellos, como ya se ha expuesto anteriormente. En el presente apartado se propone un análisis de resultados para cuatro casos de optimización en base a los indicadores que se tomen. Se exponen los resultados correspondientes al Bloque 4, correspondiente a los Arquetipos Urbanos T7/T8/T9 de la etapa mayoritaria 60-79. El procedimiento se repetiría para cada uno de los restantes bloques.

Optimización en base a los Indicadores medioambientales

Para el caso en que prioricemos los indicadores medioambientales (GPW, PERT, PERNT, FW y RESIDUOS), podemos ver claramente en la Tabla 3., como las estrategias óptimas son aquellas que incluyen materiales con un bajo impacto ambiental.

La fachada será determinante en los resultados dado que ocupa aproximadamente el 70% del total de la envolvente, repercutiendo claramente en la optimización de la solución. Así pues, podemos ver en la Tabla 3.22, como esos primeros puestos de la combinación de optimización lo ocupan las fachadas que se resuelven mediante sistema de aislamiento por el exterior (SATE), para el caso concreto de corcho natural. Para el caso del uso de poliestirenos, el que lleva en su composición grafito (F2-SG) es penalizado frente al que no lo lleva (F2-S). Para el caso de las cubiertas y huecos, la opción no es tan evidente.

Tabla 3.22 Estrategias optimizadas considerando indicadores medioambientales. Elaboración propia

Indicadores MEDIOAMBIENTALES		
Valores totales normalizad/ponder		
B4-T7/T8/T9-60/79		
FACHADA 2H (F2)	CUBIERTA PLANA (CP)	CARPINTERIA A (CR)
0,44057155	0,16870402	0,39876469
0,4003137	0,09590211	0,39780467
0,46163322	0,2324396	0,30373717
0,43112734	0,0542098	0,30277715
0,68789193		0,39022285
0,63157193		0,38926283

ORDEN	F2	CP	CR	total	F2	CP	CR
94	0,431	0,054	0,303	0,788	F2-SC	CP-GR	CR_PVC/V_Dar
80	0,431	0,054	0,303	0,788	F2-SC	CP-AJ	CR_AL/V_Dar
84	0,431	0,054	0,303	0,788	F2-SC	CP-AJ	CR_MD/V_Dar
93	0,431	0,054	0,304	0,789	F2-SC	CP-GR	CR_PVC/V_D
79	0,431	0,054	0,304	0,789	F2-SC	CP-AJ	CR_AL/V_D
1	0,441	0,054	0,303	0,798	F2-S	CP-FB	CR_AL/V_D
13	0,441	0,054	0,304	0,799	F2-S	CP-FP	CR_AL/V_D
12	0,441	0,054	0,304	0,799	F2-S	CP-AJ	CR_MD/V_Dar
31	0,400	0,096	0,303	0,799	F2-SG	CP-AJ	CR_AL/V_D
45	0,400	0,096	0,304	0,800	F2-SG	CP-GR	CR_PVC/V_D

Para el caso de las cubiertas, vemos que las cubiertas ajardinadas no ocupan en todos los casos las primeras opciones, pero sí se observa que, el 50% de las diez primeras estrategias son con este sistema. Las cubiertas ajardinadas, aunque en la fase operacional de ciclo de vida del edificio tengan un comportamiento medioambiental mejor que ninguna otra opción, dependerán del grado de tecnificación del sistema y los materiales que incluya el propio sistema que le penalizara en la fase de fabricación del conjunto. Respecto a la carpintería de madera, a pesar de intervenir un material de bajo impacto como es la madera natural, tenemos el vidrio que penaliza esa mejora, dado el mayor porcentaje de superficie.

Así pues, estudios pormenorizados de evaluación de la sostenibilidad deben contemplar todos los datos resultantes de las distintas fases del ciclo de vida del edificio, que, junto con los datos, económicos se pueda valorar de forma equilibrada la estrategia de mejora a adoptar.

Si vemos el resultado de las tres primeras estrategias, arrojan valores iguales, se observa que hay combinación de diversos materiales en la cubierta y fachada, ello significa que, con una solución de fachada medioambientalmente sostenible, podemos utilizar otros materiales que no lo son tanto, pues se realiza una compensación entre ellos.

Optimización en base a los Indicadores medioambientales y energéticos

Cuando en la combinación de optimización de indicadores se proponen los indicadores medioambientales y el rendimiento energético del sistema (mejor valor de transmitancia térmica, U_W/m^2k), según podemos ver en la Tabla 3.23 que las fachadas resueltas con SATE-Corcho, no son las que mejor respuesta obtienen. Considerando que, todas las propuestas

Tabla 3.23 Estrategias optimizadas considerando indicadores medioambientales y energéticos. Elaboración propia

Valores totales normalizad/ponder							
B4-T7/T8/T9-60/79							
FACHADA 2H (F2)	CUBIERTA PLANA (CP)	CARPINTERIA (CR)					
0,509199	0,17380206	0,56876469					
0,4003137	0,10015048	0,55224911					
0,52111034	0,23583829	0,4270705					
0,50432996	0,05930784	0,41055493					
0,73364357		0,52022285					
0,64072226		0,50370728					

ORDEN	F2	CP	CR	total	F2	CP	CR
25	0,400	0,059	0,411	0,870	F2-SG	CP-FB	CR_AL/V_D
24	0,400	0,059	0,427	0,887	F2-S	CP-GR	CR_MD/V_Dar
138	0,400	0,100	0,411	0,911	F2-VQ	CP-FP	CR_MD/V_Dar
134	0,400	0,100	0,427	0,928	F2-VQ	CP-FP	CR_AL/V_Dar
57	0,400	0,059	0,504	0,963	F2-SW	CP-AJ	CR_PVC/V_D
127	0,504	0,059	0,411	0,974	F2-VQ	CP-AJ	CR_AL/V_D
49	0,509	0,059	0,411	0,979	F2-SW	CP-FB	CR_AL/V_D
68	0,400	0,059	0,520	0,980	F2-SW	CP-GR	CR_AL/V_Dar
125	0,400	0,174	0,411	0,985	F2-VQ	CP-FB	CR_MD/V_D
44	0,504	0,059	0,427	0,991	F2-SG	CP-GR	CR_AL/V_Dar

cumplen con el valor de transmitancia requerido por el CTE, podemos decir que no sería determinante este indicador en la elección de la estrategia óptima.

Optimización en base a los Indicadores medioambientales y costes

Cuando en los indicadores de comparación se incluyen los costes, Tabla 3.24, vemos claramente, que va a prevalecer este factor frente al medioambiental. Actualmente, los sistemas mayoritarios empleados en la rehabilitación de edificios son los sistemas SATE con EPS-Grafito, eso hace que tengan precios muy competitivos frente a otras soluciones más sostenibles como podría ser el sistema SATE-Corcho. El coste es un indicador coyuntural, dependerá de la concurrencia del sistema en el mercado y de la situación económica del momento, luego será un indicador que deberá considerársele su variabilidad en cada caso y momento de estudio. En este caso se demuestra que el corcho no es el más eficiente comparado con otros sistemas, dado que necesitamos mayores espesores para conseguir el mismo rendimiento, ello le penaliza, dado que el valor de las emisiones CO² del corcho es negativo, pero la energía que necesitamos para su fabricación es muy alta, luego a mayor cantidad de material mayor consumo de energía (PERT).

Tabla 3.24 Estrategias optimizadas considerando indicadores medioambientales y costes. Elaboración propia

Indicadores MA+COSTES		
Valores totales normalizad/ponder		
B4-T7/T8/T9-60/79		
FACHADA 2H (F2)	CUBIERTA PLANA (CP)	CARPINTERI A (CR)
0,46523604	0,16870402	0,0771326
0,42663344	0,10677735	0,55189167
0,49896977	0,23468916	0,55256891
0,48812971	0,05898375	0,42327786
0,74208803		0,4239551
0,72587796		0,5585856

ORDEN	F2	CP	CR	total	F2	CP	CR
42	0,427	0,169	0,077	0,672	F2-SG	CP-FP	CR_MD/V_Dar
31	0,427	0,169	0,077	0,672	F2-SG	CP-AJ	CR_AL/V_D
113	0,427	0,169	0,077	0,672	F2-VW	CP-FP	CR_MD/V_D
93	0,465	0,169	0,077	0,711	F2-SC	CP-GR	CR_PVC/V_D
45	0,488	0,169	0,077	0,734	F2-SG	CP-GR	CR_PVC/V_D
4	0,488	0,169	0,077	0,734	F2-S	CP-FB	CR_PVC/V_Dar
8	0,488	0,169	0,077	0,734	F2-S	CP-AJ	CR_AL/V_Dar
108	0,427	0,235	0,077	0,738	F2-VW	CP-AJ	CR_MD/V_Dar
58	0,499	0,169	0,077	0,745	F2-SW	CP-AJ	CR_PVC/V_Dar
3	0,499	0,169	0,077	0,745	F2-S	CP-FB	CR_PVC/V_D

Optimización en base a los Indicadores energéticos, medioambientales y costes

Cuanto mayor sea el número de indicadores, los resultados resultan más confusos de evaluar, aquí será de relevancia la exactitud de los valores de referencia para cada indicador, así como tener bien definido el objetivo final. No obstante, según se muestra en Tabla 3.25, siguiendo en coherencia con el resultado óptimo cuando se han tenido en cuenta solo los indicadores medioambientales, resultaría como solución óptima la utilización del sistema SATE con Corcho

Tabla 3.25 Estrategias optimizadas considerando indicadores energéticos, medioambientales y costes. Elaboración propia

Indicadores ENER+AMB+COSTES		
Valores totales normalizad/ponder		
B4-T7/T8/T9-60/79		
FACHADA 2H (F2)	CUBIERTA PLANA (CP)	CARPINTERI A (CR)
0,53386349	0,17380206	0,72189167
0,42663344	0,11102571	0,70701335
0,55844689	0,23808785	0,5466112
0,56133232	0,06408179	0,53173287
0,78783966		0,6885856
0,73502828		0,67370728

ORDEN	F2	CP	CR	total	F2	CP	CR
73	0,427	0,064	0,532	1,022	F2-SC	CP-FB	CR_AL/V_D
33	0,427	0,064	0,547	1,037	F2-SG	CP-AJ	CR_PVC/V_D
135	0,427	0,111	0,532	1,069	F2-VQ	CP-FP	CR_PVC/V_D
4	0,427	0,111	0,547	1,084	F2-S	CP-FB	CR_PVC/V_Dar
129	0,534	0,064	0,532	1,130	F2-VQ	CP-AJ	CR_PVC/V_D
32	0,427	0,174	0,532	1,132	F2-SG	CP-AJ	CR_AL/V_Dar
79	0,534	0,064	0,547	1,145	F2-SC	CP-AJ	CR_AL/V_D
10	0,427	0,174	0,547	1,147	F2-S	CP-AJ	CR_PVC/V_Dar
97	0,558	0,064	0,532	1,154	F2-VW	CP-FB	CR_AL/V_D
49	0,561	0,064	0,532	1,157	F2-SW	CP-FB	CR_AL/V_D

en Fachada.

3.4.5 Conclusiones del análisis multicriterio de las estrategias de actuación

Mediante un análisis de datos es posible optimizar estrategias de intervención en la rehabilitación de edificios, a través de la cuantificación de indicadores energéticos, medioambientales y económicos de las propuestas, adaptándose además a los Arquetipos Urbanos tipo de cada entorno específico, independientemente de la zona climática en la que se encuentre.

Se ha propuesto una metodología de análisis multicriterio para evaluar la optimización de estrategias de rehabilitación. Ha permitido evaluar las diferentes soluciones de mejora energética desde una perspectiva medioambiental y económica a través del enfoque de ciclo de vida.

El método propuesto permite agregar más indicadores o bien ajustar de forma más detallada los parámetros establecidos de origen. Esto permitiría ajustar los valores, sobre todos los de coste, que en la mayoría de los casos son determinantes a la hora de optar por una solución u otra, permitiría adoptar valores más ajustados a los costes reales de los industriales suministradores. Además, también permite adoptar valores medioambientales reales obtenidos de fuentes fiables. Por ejemplo, en caso de utilizar sistemas industrializados, contar con Documentos de Declaración Medioambiental (DAP, Declaración Ambiental de Producto, EPD en inglés), los cuales incluyen información cuantificada y verificada sobre los indicadores medioambientales en base a un Análisis de Ciclo de Vida (ACV) del mismo. Informan sobre el impacto y comportamiento medioambiental, de forma que se establece la huella ambiental que tiene un producto desde el inicio de su proceso de fabricación, hasta la puerta de la planta donde se realizó el mismo. Además, estos documentos suelen realizarse con mayor rigor y mediante el empleo de herramientas complejas, muy fiables y ajustadas al producto, que requieren además de usuarios con alto conocimiento de estas. Aunque bien es cierto, que estos deben complementarse con la parte de análisis de ciclo de vida restante, puesta en obra, mantenimiento, reciclado, etc.

3.5 ESTUDIO DEL CASO

3.5.1 Introducción

Como ya se ha analizado previamente en los estudios previos, la evaluación de la sostenibilidad puede llevarse a cabo por niveles o escalas. Así pues, el propósito de este apartado es hacer un estudio a escala edificio para posteriormente hacer un planteamiento a escala urbana mediante la propuesta de diferentes escenarios.

En base a todo lo expuesto en apartados anteriores, el objetivo del estudio del caso es hacer un análisis de aplicación, a nivel edificio, de estrategias optimizadas a partir de la combinación de los indicadores de sostenibilidad, partiendo del estudio energético del estado actual de un edificio. Se propone aplicar la metodología a un caso concreto de estudio, para ello se va a tomar como referencia el Arquetipo Urbano más representativo de todo el barrio de Benicalap, BA_T9_60/79, representa al 36,5% de la totalidad del parque edificado. Corresponde al grueso de los edificios (68,6%) construidos previo a la entrada en vigor de la normativa de obligado cumplimiento sobre Condiciones Térmicas en la edificación, NBE CT-79. De los resultados del estudio, podrá extrapolarse la repercusión de las estrategias de actuación a casi el 40% de la totalidad de la edificación.

3.5.2 Metodología

Partimos de un edificio que corresponde a un arquetipo del cual ya se ha realizado un análisis constructivo y energético. Además, partimos de unas propuestas de intervención adaptadas al estado actual del arquetipo, dato también conocido. El estudio se llevará a cabo siguiendo las etapas:

Parte I: Comportamiento energético (apartado 3.5.3)

Obtención del comportamiento energético del estado actual del edificio mediante la certificación energética con los parámetros actuales. Para ello se va a utilizar una de las herramientas permitidas por el Ministerio, CypeTherm HEPlus.

Obtención del comportamiento energético para el estado reformado, considerando las estrategias de intervención optimizadas.

Parte II: Análisis de resultados de calificación energética y su relación con los valores cuantitativos de los indicadores ambientales y económicos.

3.5.3 Comportamiento energético y medioambiental del edificio

El Arquetipo Urbano BA-T9, Imagen 3.95, corresponde a un edificio de seis plantas (incluida planta baja) y construido en la etapa de entre los años 1960-1979, como ya se ha demostrado, edificio muy representativo del barrio y en general de la ciudad. La fachada está resuelta de forma mixta, combinando parte de fábrica de ladrillo caravista y fábrica enfoscada, tipología constructiva muy acorde a la época, que precede a las fachadas caravista de promociones posteriores. La cubierta de este arquetipo es típicamente plana transitable, acabada con



Imagen 3.95 Emplazamiento y alzado del edificio sito en C/Cora Raga. Google maps

baldosín cerámico.

Existen varias herramientas reconocidas por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico y el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, son herramientas de simulación que nos permiten verificar el cumplimiento normativo en edificación, a partir de las condiciones pasivas y activas del edificio, para un entorno geográfico determinado, tales como, HULC y CypeTherm, además de otras de carácter simplificado, pero igualmente válidas como son CE3X, CE3 y CERMA.

Comportamiento energético estado actual del edificio.

Una vez analizados los sistemas constructivos de la envolvente y su composición, hay que conocer la respuesta del edificio ante estas condiciones. Las características de los materiales, sus dimensiones y su disposición determinarán si el edificio está adecuadamente aislado y consecuentemente si el consumo energético del mismo es el adecuado, para mantener las condiciones de confort establecidas normativamente. Para realizar esta comprobación disponemos de la herramienta de simulación energética Cypetherm, empleada en este caso, que permite además obtener un modelo del edificio Imagen 3.96.



Imagen 3.96 Modelo Cypetherm. Arquetipo Urbano BA_T9_60-79.

Para los cálculos se aportan una serie de datos que se puede agrupar conceptualmente en:

- Datos descriptivos del edificio, tales como ubicación, orientación, dimensiones.
- Datos constructivos del edificio. Se describe la composición constructiva de los elementos de la envolvente, (fachada, cubierta, suelos en contacto con el exterior/terreno y carpinterías), del edificio que determinará el grado de confort y eficiencia de la envolvente mediante las medidas pasiva adoptadas.
- Datos de sistemas activos, que requieran definir el tipo de energía necesaria para su funcionamiento, tales como el sistema de generación del agua caliente sanitaria (ACS), renovación de aire, u otros sistemas a considerar. En este caso, para el cálculo de la demanda de agua caliente sanitaria, se ha considerado un edificio de 35 viviendas con una ocupación de cuatro habitantes/vivienda, generada mediante una caldera de gas, además de un sistema de calefacción por radiadores. Las medidas activas que se adopten permanecerán constantes, con el objeto de conocer con mayor exactitud el alcance de las medidas pasivas adoptadas mediante las estrategias propuestas.
- Datos sobre los puentes térmicos lineales, se emplean los valores que la propia herramienta importa desde CTE DB-HE1 por defecto.

Para un mismo arquetipo urbano como modelo, en este caso BA-T9, se realizan las simulaciones energéticas para cada una de las estrategias de mejora a partir de las propuestas constructivas planteadas. Cada estrategia estará compuesta por una propuesta de fachada una propuesta de cubierta y una propuesta de carpintería, como se muestra en la Tabla 3.26, resultando un total de 28 simulaciones con los certificados energéticos correspondientes. Se obtendrán valores de consumo de energía y emisiones que nos permitirán conocer la estrategia más ventajosa u óptima a escala edificio.

Tabla 3.26 Relación de estrategias de intervención. Elaboración propia

ARQUETIPO BA-T9			
	FACHADA (2 hojas)	CUBIERTA (plana)	CARPINTERIA (metálica)
1	F2_S	FLOTANTE BALDOSA DRENANTE	PVC 4+4/16/4+4
2	F2_SG		
3	F2_SW		
4	F2_SC		
5	F2_VW		
6	F2_VQ		
7	F2_I		
8	F2_S	AJARDINADA	PVC 4+4/16/4+4
9	F2_SG		
10	F2_SW		
11	F2_SC		
12	F2_VW		
13	F2_VQ		
14	F2_I		
15	F2_S	GRAVAS	PVC 4+4/16/4+4
16	F2_SG		
17	F2_SW		
18	F2_SC		
19	F2_VW		
20	F2_VQ		
21	F2_I		
22	F2_S	FLOTANTE PLOTS	PVC 4+4/16/4+4
23	F2_SG		
24	F2_SW		
25	F2_SC		
26	F2_VW		
27	F2_VQ		
28	F2_I		

F2_S	Sistema SATE. EPS
F2_SG	Sistema SATE. EPS-G
F2_SW	Sistema SATE. LANA MINERAL
F2_SC	Sistema SATE. CORCHO.
F2_VW	Fachada Ventilada. LANA MINERAL
F2_VQ	SATE+ paneles cemento. LANA MINERAL.
F2_I	LANA MINERAL mediante insuflación por el exterior
F2	Fachada de 2 hojas
SATE	Sistema de Aislamiento por el Exterior
EPS	Poliestireno Expandido
EPS-G	Poliestireno Expandido-Grafito

La parametrización del método mediante una herramienta de simulación permitiría ampliar las variables/estrategias para obtener más alternativas que confluyeran en una optimización máxima.

En este caso se han considerado estas estrategias suficientes para validar o demostrar el método. Con la introducción de todos los datos descritos para el arquetipo objeto de estudio, la herramienta genera un informe de resultados obteniendo así los indicadores energéticos del edificio, representados por los valores de Consumo de Energía Primaria No Renovable (kWh/m²año) y Emisiones de Dióxido de Carbono (KgCO₂/m²año) Tabla 3.27.

Tabla 3.27 Resultados de certificación energética para las estrategias indicadas. Elaboración propia

ESTRATEGIAS	CODIGO	EMISIONES	CONSUMO	DEMANDA CALEFACCIÓN	REDUCCIÓN % EMISIONES	REDUCCIÓN % CONSUMO	REDUCCIÓN % D.CALEFACCIÓN
		ESTADO INICIAL	ESTADO ACTUAL	32,48	155,56	53,12	—
SATE EPS + BALDOSA DREN+ +PVC	F2-S + CP-BD + CR-PVC	24,05	115,41	26,98	26,0	25,8	50,8
SATE EPS G + BALDOSA DREN + PVC	F2-SG + CP-BD + CR-PVC	23,83	114,34	28,45	26,6	26,5	53,6
SATE MW + BALDOSA DREN + PVC	F2-MW + CP-BD + CR-PVC	23,87	114,56	28,58	26,5	26,4	53,8
SATE CORCHO + BALDOSA DREN + PVC	F2-SC + CP-BD + CR-PVC	24,18	116	29,45	25,6	25,4	55,4
FACHADA VENTILADA + BALDOSA DREN + PVC	F2-VW + CP-BD + CR-PVC	23,92	114,77	28,71	26,4	26,2	54,0
AQUAPANEL + BALDOSA DREN + PVC	F2-VQ + CP-BD + CR-PVC	23,92	114,78	28,71	26,4	26,2	54,0
INSUFLACIÓN NODULOS MW + BALDOSA DREN + PVC	F2-I + CP-BD + CR-PVC	25,08	120,31	32,06	22,8	22,7	60,4
SATE EPS + AJARDINADA + PVC	F2-S + CP-AJ + CR-PVC	23,96	114,97	28,84	26,2	26,1	54,3
SATE EPS G + AJARDINADA + PVC	F2-SG + CP-AJ + CR-PVC	23,78	114,12	28,32	26,8	26,6	53,3
SATE MW + AJARDINADA + PVC	F2-SW + CP-AJ + CR-PVC	23,84	114,41	28,49	26,6	26,5	53,6
SATE CORCHO + AJARDINADA + PVC	F2-SC + CP-AJ + CR-PVC	24,15	115,87	29,38	25,6	25,5	55,3
FACHADA VENTILADA + AJARDINADA + PVC	F2-VW + CP-AJ + CR-PVC	23,89	114,64	28,63	26,4	26,3	53,9
AQUAPANEL + AJARDINADA + PVC	F2-VQ + CP-AJ + CR-PVC	23,89	114,65	28,64	26,4	26,3	53,9
INSUFLACIÓN NODULOS MW + AJARDINADA + PVC	F2-I + CP-AJ + CR-PVC	25,05	120,13	31,95	22,9	22,8	60,1
SATE EPS + GRAVA + PVC	F2-S + CP-GR + CR-PVC	23,96	114,96	28,82	26,2	26,1	54,3
SATE EPS G + GRAVA + PVC	F2-SG + CP-GR + CR-PVC	23,81	114,27	28,4	26,7	26,5	53,5
SATE MW + GRAVA + PVC	F2-SW + CP-GR + CR-PVC	23,86	114,49	28,53	26,5	26,4	53,7
SATE CORCHO + GRAVA + PVC	F2-SC + CP-GR + CR-PVC	24,17	115,95	29,41	25,6	25,5	55,4
FACHADA VENTILADA + GRAVA + PVC	F2-VW + CP-GR + CR-PVC	23,91	114,72	28,67	26,4	26,3	54,0
AQUAPANEL + GRAVA + PVC	F2-VQ + CP-GR + CR-PVC	23,91	114,72	28,67	26,4	26,3	54,0
INSUFLACIÓN NODULOS MW + GRAVA + PVC	F2-I + CP-GR + CR-PVC	25	119,91	31,82	23,0	22,9	59,9
SATE EPS + PAV. FLOTANTE + PVC	F2-S + CP-FP + CR-PVC	23,98	115,05	28,87	26,2	26,0	54,3
SATE EPS G + PAV. FLOTANTE + PVC	F2-SG + CP-FP + CR-PVC	23,73	113,86	28,18	26,9	26,8	53,0
SATE MW + PAV. FLOTANTE + PVC	F2-SW + CP-FP + CR-PVC	23,86	114,5	28,55	26,5	26,4	53,7
SATE CORCHO + PAV. FLOTANTE + PVC	F2-SC + CP-FP + CR-PVC	24,14	115,81	29,33	25,7	25,6	55,2
FACHADA VENTILADA + PAV. FLOTANTE + PVC	F2-VW + CP-FP + CR-PVC	23,88	114,57	28,58	26,5	26,3	53,8
AQUAPANEL + PAV. FLOTANTE + PVC	F2-VQ + CP-FP + CR-PVC	23,88	114,58	28,59	26,5	26,3	53,8
INSUFLACIÓN NODULOS MW + PAV. FLOTANTE + PVC	F2-I + CP-FP + CR-PVC	25	119,91	31,82	23,0	22,9	59,9
PROMEDIO					25,8	25,7	54,8

Análisis de resultados energéticos y medioambientales de las propuestas de mejora

Del análisis de los valores de emisiones y demandas se deduce que, para todas las propuestas hay una reducción de los indicadores y que hay una reducción promedio en las emisiones de CO₂ de 25.8% y de consumos de energía de 25.7%. En cuanto a la demanda de calefacción se produce una reducción del 54,8%, fruto de la mejora en el aislamiento de la envolvente térmica.

Presentan valores finales de comportamiento energético del edificio muy similares para todos los casos, según se muestra en Imagen 3.97. Es obvio, dado que en todos los casos se han propuesto soluciones constructivas que cumplieran con los valores de transmitancia que determina el CTE. Serán más relevantes otros indicadores en la toma de decisiones de la solución óptima, tales como los indicadores medioambientales y económicos.

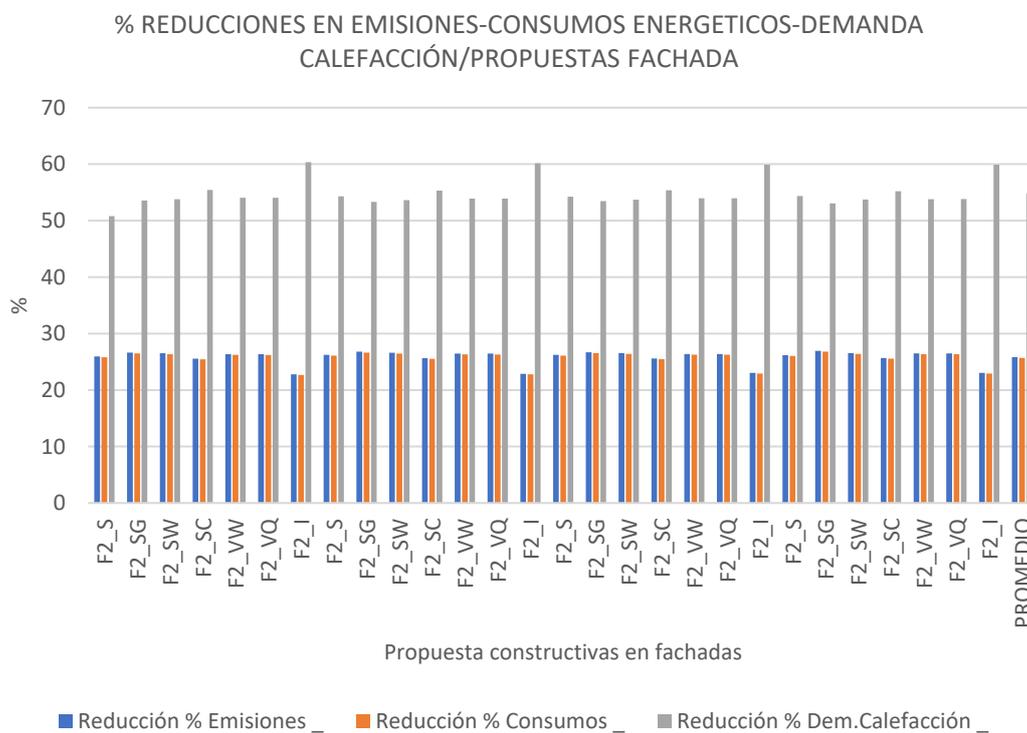


Imagen 3.97 Reducciones en emisiones, consumos y calefacción según estrategias. Elaboración propia

Así pues, si tenemos en cuenta los resultados de comportamiento energético del edificio obtenidos y los indicadores ambientales ACV para cada una de las estrategias, podremos identificar, qué estrategia supone menor carga ambiental para comportamientos energéticos similares que cumplan la normativa vigente, se muestran resultados parciales en la Tabla 3.28.

Tabla 3.28 Valores de indicadores energéticos y medioambientales según estrategias. Elaboración propia

		NIVEL EDIFICIO				NIVEL ELI					
		Comportamiento energético nivel edificio				INI					
INDICADORES:		FACHADA		FACHADA		FACHADA					
ARQUETIPO BA-T9	MISIONES KgCO2/m2año	CONSUMO kWh/m2año	DEMANDA	U W/(m2K)	GWP total	PERIT (MJ)	PERNRT (MJ)	Coste (€/m2)	U W/(m2K)	GWP total	
1	F2_5-FB-PVC/VD	24,05	115,41	26,98	0,37	11,201	19,127	226,977	61,59	0,4	19,632
2	F2_5G-FB-PVC	23,83	114,34	28,45	0,32	10,052	18,432	176,256	61,7	0,4	19,632
3	F2_SW-FB-PVC	23,87	114,56	28,58	0,37	10,939	22,211	252,389	72,77	0,4	19,632
4	F2_SC-FB-PVC	24,18	116,00	29,45	0,39	-6,928	499,384	182,938	90,17	0,4	19,632
5	F2_VW-FB-PVC	23,92	114,77	28,71	0,39	20,536	41,319	365,697	97,09	0,4	19,632
6	F2_VO-FB-PVC	23,92	114,78	28,71	0,37	19,169	18,556	355,51	124,02	0,4	19,632
7	F2_I-FB-PVC	25,08	120,31	32,06	0,46	6,744	11,227	237,383	22,16	0,4	19,632
8	F2_5-AI-PVC	23,96	114,97	28,84	0,37	11,201	19,127	226,977	61,59	0,39	8,639
9	F2_5G-AI-PVC	23,78	114,12	28,32	0,32	10,052	18,432	176,256	61,7	0,39	8,639
10	F2_SW-AI-PVC	23,84	114,41	28,49	0,37	10,939	22,211	252,389	72,77	0,39	8,639
11	F2_SC-AI-PVC	24,15	115,87	29,38	0,39	-6,928	499,384	182,938	90,17	0,39	8,639
12	F2_VW-AI-PVC	23,89	114,64	28,63	0,39	20,536	41,319	365,697	97,09	0,39	8,639
13	F2_VO-AI-PVC	23,89	114,65	28,64	0,37	19,169	18,556	355,51	124,02	0,39	8,639
14	F2_I-AI-PVC	25,05	120,13	31,95	0,46	6,744	11,227	237,383	22,16	0,39	8,639
15	F2_5-G-PVC	23,96	114,96	28,82	0,37	11,201	19,127	226,977	61,59	0,4	7,334
16	F2_5G-AI-PVC	23,81	114,27	28,40	0,32	10,052	18,432	176,256	61,7	0,4	7,334
17	F2_SW-G-PVC	23,86	114,49	28,53	0,37	10,939	22,211	252,389	72,77	0,4	7,334
18	F2_SC-G-PVC	24,17	115,95	29,41	0,39	-6,928	499,384	182,938	90,17	0,4	7,334
19	F2_VW-G-PVC	23,91	114,72	28,67	0,39	20,536	41,319	365,697	97,09	0,4	7,334
20	F2_VO-G-PVC	23,91	114,72	28,67	0,37	19,169	18,556	355,51	124,02	0,4	7,334
21	F2_I-G-PVC	25,00	119,91	31,82	0,46	6,744	11,227	237,383	22,16	0,4	7,334
22	F2_5-FP-PVC/VD	23,98	115,05	28,87	0,37	11,201	19,127	226,977	61,59	0,38	24,084
23	F2_5GFP-PVC/VD	23,73	113,86	28,18	0,32	10,052	18,432	176,256	61,7	0,38	24,084
24	F2_SWFP-PVC/VD	23,86	114,50	28,55	0,37	10,939	22,211	252,389	72,77	0,38	24,084
25	F2_SCFP-PVC/VD	24,14	115,81	29,33	0,39	-6,928	499,384	182,938	90,17	0,38	24,084
26	F2_VWFP-PVC/VD	23,88	114,57	28,58	0,39	20,536	41,319	365,697	97,09	0,38	24,084
27	F2_VOFP-PVC/VD	23,88	114,58	28,59	0,37	19,169	18,556	355,51	124,02	0,38	24,084
28	F2_IFP-PVC/VD	25,00	119,91	31,82	0,46	6,744	11,227	237,383	22,16	0,38	24,084

Anteriormente hemos visto que, una vez aplicada la estrategia de mejora en la envolvente, el comportamiento energético total del edificio era muy similar para todas ellas. Así pues, en el siguiente análisis se tendrán en cuenta los indicadores de ambiental representado por los valores de GWP y PERNRT. Las soluciones que incluyen las fachadas ventiladas, VW / VQ, y el sistema SATE-G, son las más penalizadas frente al resto de sistemas, siendo aquellas estrategias que incluyen el sistema SATE con corcho natural las que presentan valores menores de emisiones de CO₂. Los resultados se muestran en las gráficas de la Imagen 98.

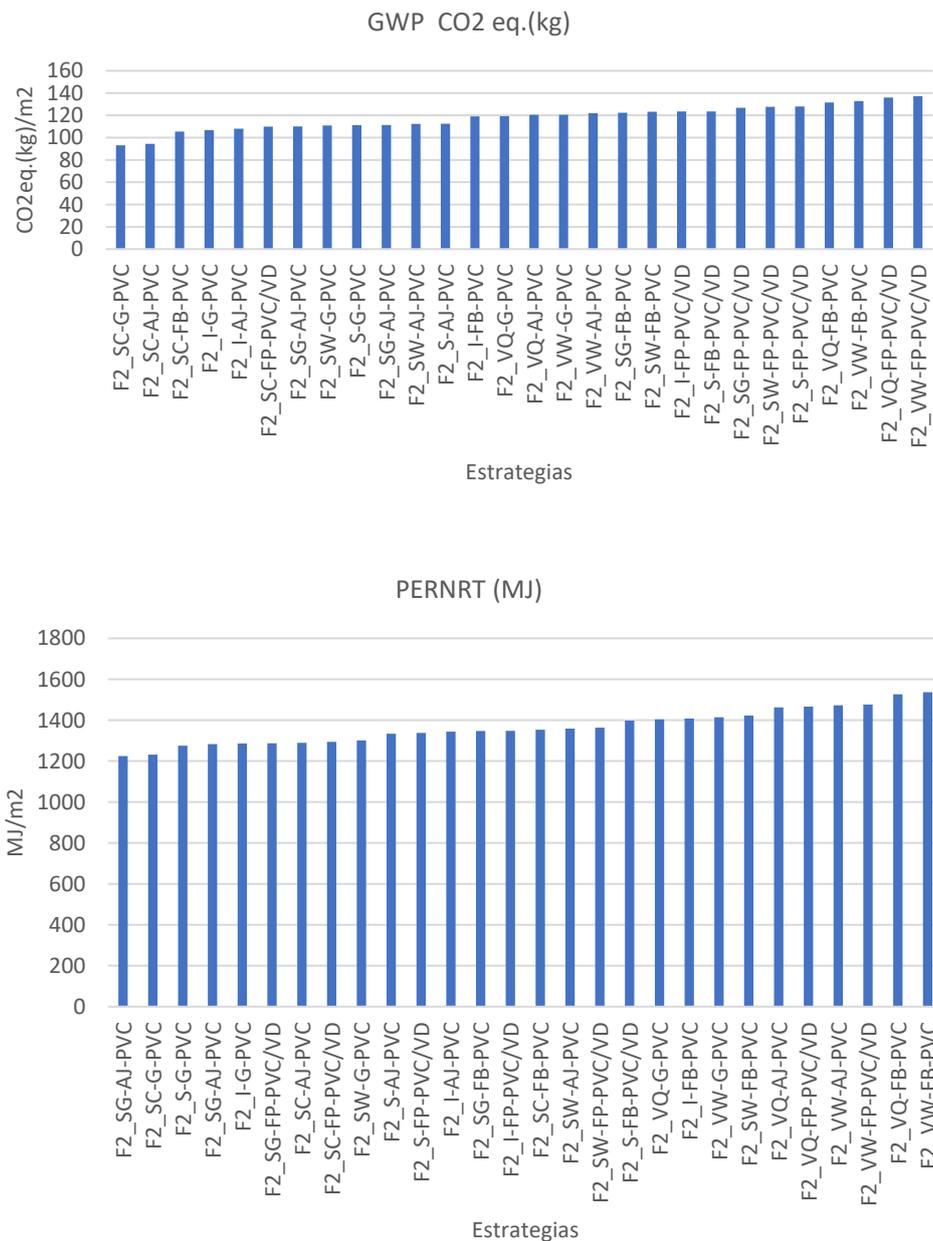


Imagen 3.98 Indicadores ACV, GWP y PERNRT, según estrategia. Elaboración propia

La Imagen 3.99, el aspecto económico de las estrategias. Los valores más altos se corresponden, preferentemente con los sistemas industrializados de fachadas ventiladas. Estos incorporan

materiales de alto impacto ambiental, como es la perfiles de aluminio o placas de cemento. En este caso la industrialización no es un factor que mejore la propuesta en la fase de fabricación del sistema. Sí la mejoraría en el caso de que se incluyeran otras variables en el estudio, como por ejemplo los tiempos de ejecución o bien la incorporación de materiales de baja huella de carbono, procedente de reciclados o materiales naturales.

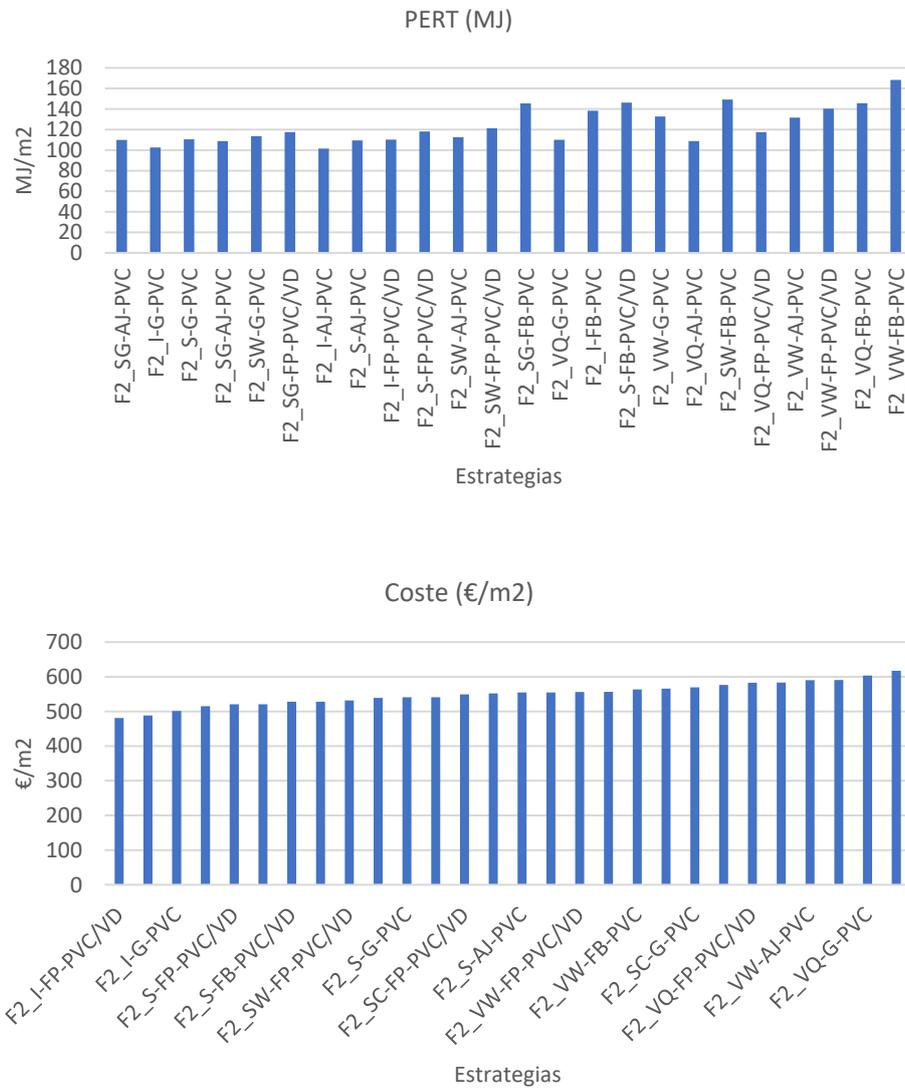


Imagen 3.99. Indicadores ACV, PERT y Coste, según estrategia. Elaboración propia

La imagen 3.100 muestra los dos aspectos GWP y costes conjuntamente. Los valores más altos de GWP se corresponden con los de mayor importe. Ello obedece a que se trata de sistemas industrializados en los que se incorporan materiales de alto impacto ambiental, como es la perfilería de aluminio o placas de cemento. En este caso la industrialización no es un factor que mejore la propuesta. Sí la mejoraría en el caso de que se incluyeran otras variables en el estudio, como por ejemplo los tiempos de ejecución.

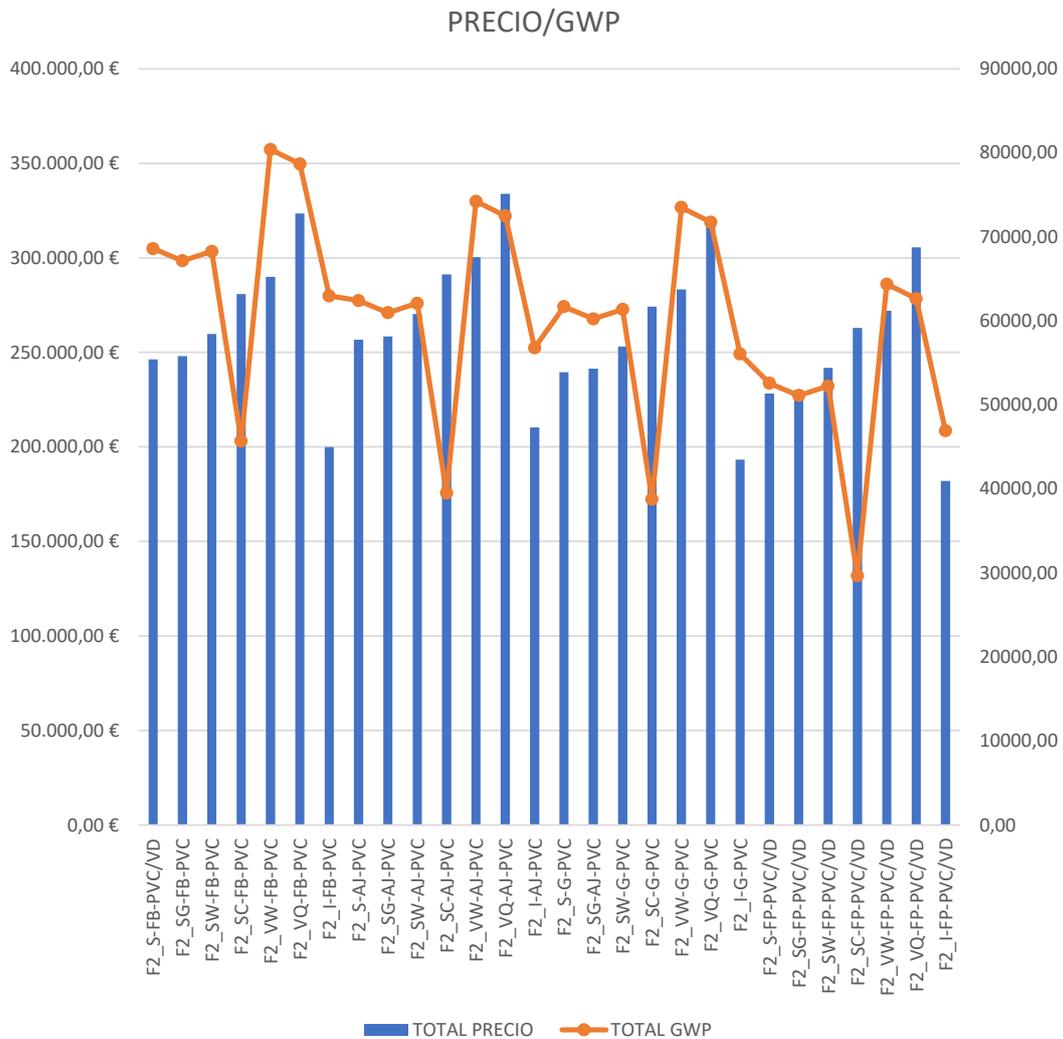


Imagen 3.100 Analisis Costes y Potencial de calentamiento global (GWP). Elaboración propia

Si tenemos en cuenta las dimensiones de la envolvente del arquetipo objeto de estudio y los valores del indicador medioambiental GWP, observamos la incidencia que tiene la fachada y la cubierta en cada una de las estrategias planteadas, Imagen 3.101. Así, por ejemplo, en caso de una fachada SATE con EPS y una cubierta plana con Baldosas Flotante, la repercusión de esta es el doble en el indicador GWP.

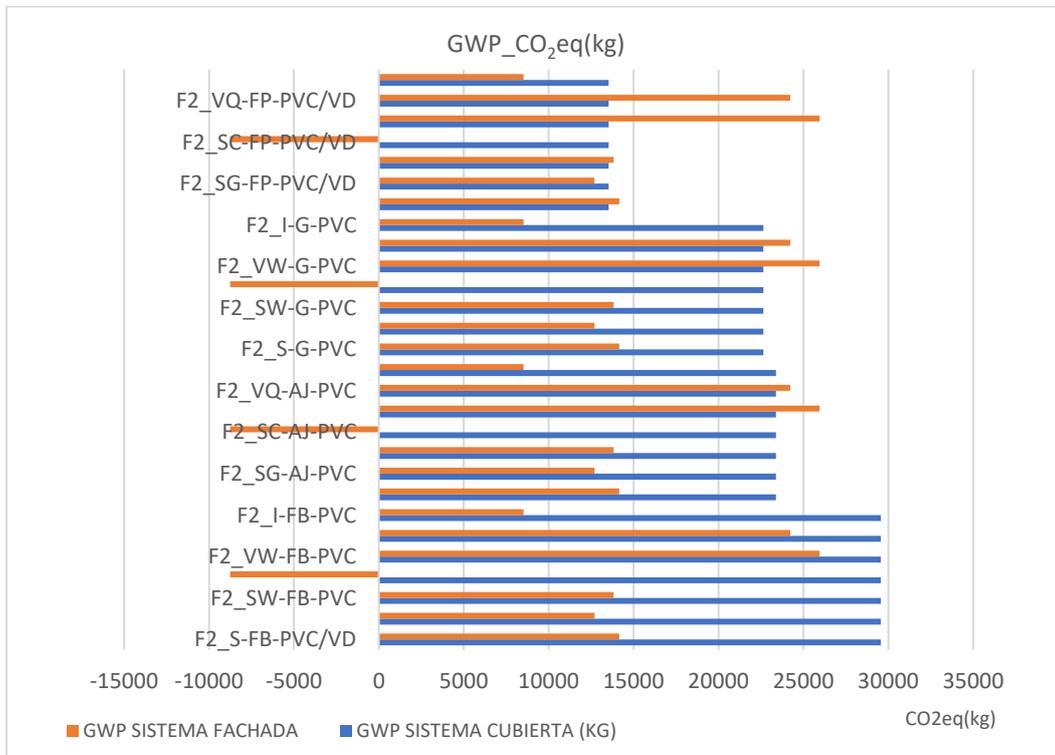


Imagen 3.101 Incidencia del elemento envolvente sobre la estrategia. Elaboración propia

En general las cubiertas tienen mayor repercusión en este valor, pese a la menor superficie de actuación, exceptuando cuando se trata de fachadas ventiladas. Ello es indicador de que cualquier sistema SATE es mejor opción que una fachada ventilada, independientemente de si el aislamiento térmico utilizado tiene mayor huella o no.

Como conclusión podemos decir que, las propuestas de intervención que resultarán en una buena estrategia serán aquellas que incluyan materiales naturales en su composición, tal que el corcho, dado que compensan el impacto ambiental del resto de las soluciones que se propongan en la misma. El aspecto económico es coyuntural y depende mayoritariamente de la demanda final del sistema. Es cierto que, los sistemas SATE con corcho natural todavía no están muy introducidos, pero a medida que la exigencia medioambiental sea mayor los precios pasarán a ser más competitivos.

Para una toma de decisiones adecuadas es necesario disponer de estudios de ACV de los materiales con rigor, de forma que al plantear las propuestas de actuación se tengan como referencia documentos técnicos avalados por las DAPs correspondientes. Es así como podrá realizarse un adecuado estudio medioambiental. Al mismo tiempo, esta información debe estar disponible en bases de datos libres o al menos en aplicaciones de uso corriente en el desarrollo de la documentación proyectual, con el objeto de hacer más universal el acceso a la información y facilitar su aplicación y análisis.

3.6 ANALISIS URBANO

El objeto de este apartado es hacer una propuesta de evaluación de la sostenibilidad a escala urbana, partiendo de propuestas diseñadas en estudios previos analizados.

A partir de los datos obtenidos pueden plantearse escenarios de actuación a nivel urbano en función del objetivo propuesto, teniendo en cuenta las situaciones de pobreza energética o la combinación de diversos factores. Los valores de los indicadores energéticos vienen determinados por los m² del edificio sobre el que se aplica la estrategia. Los indicadores medioambientales vienen determinados por los m² de la superficie sobre la que se aplica la propuesta. Así pues, teniendo en cuenta ambos, podremos plantear escenarios de actuación a nivel de arquetipos o a nivel urbano según ubicación de estos.

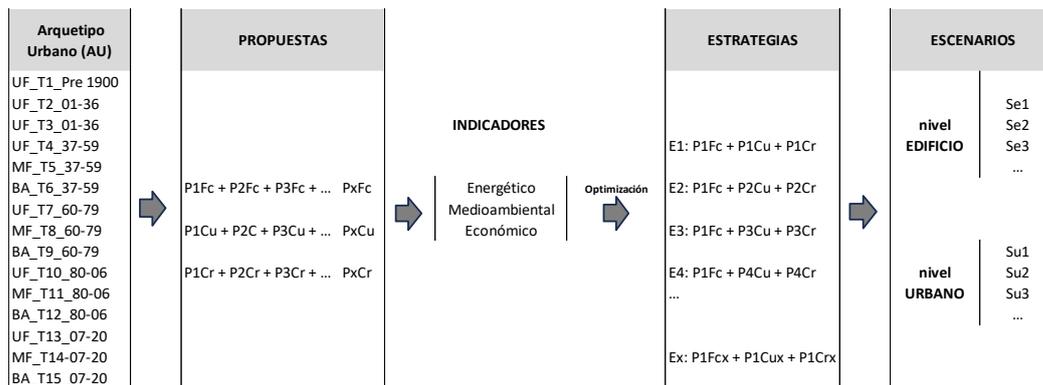


Imagen 3.102 Metodología de evaluación de la sostenibilidad. Elaboración propia.

3.6.1 Escenarios de actuación

A continuación, se proponen algunos posibles escenarios de actuación de mejora a nivel urbano, desarrollando algún aspecto en los tres primeros:

- **Su1_ESCENARIO 1:** Rehabilitación de edificios porcentualmente según su grado de incidencia con una programación temporal, incluyendo todos los edificios.
- **Su2_ESCENARIO 2:** Rehabilitación de edificios de mayor incidencia y peores condiciones energéticas.
- **Su3_ESCENARIO 3:** Rehabilitación de edificios que estén en la mitad de su ciclo de vida, considerando la óptima mejora energética teniendo en cuenta el aspecto medioambiental.
- **Su3_ESCENARIO 3:** Rehabilitación de edificios que estén en la mitad de su ciclo de vida, con unos porcentajes proporcionales a su incidencia.
- **Su4_ESCENARIO 4:** Rehabilitación de edificios construidos antes de la normativa NB CT-79, con unos porcentajes proporcionales a su incidencia.
- **Su5_ESCENARIO 5:** Rehabilitación de edificios construidos antes de la entrada en vigor del CTE-06, con unos porcentajes proporcionales a su incidencia.

Su1_ESCENARIO 1: Rehabilitación de edificios porcentualmente según su grado de incidencia con una programación temporal (Escenario 1), incluyendo todos los edificios

- Año 1: %T1+%T2+%T3....
- Año 2: %T1+%T2+%T3....
- La propuesta del presente escenario está en relación con lo expresado por el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030 (según lo expuesto en el apartado 4 del presente Capítulo), dar prioridad a la rehabilitación energética con los objetivos de la Agenda Urbana para 2050. Con qué intensidad y qué ritmo debe realizarse, tal como recoge la Tabla 3.29, el Grupo de Expertos por la Rehabilitación (GTR)[126], presentan un estudio en el que establecen un objetivo del 25% de rehabilitación de edificios por año, sería el ritmo deseable para llegar al año 2050 con el parque obsoleto mejorado energéticamente.

Tabla 3.29 Escenario 1. Propuesta de actuación según GTR [126]

OBJETIVO	Objetivo N.º viviendas	RITMO ACTUAL	50.000 viv/año	RITMO PNIEC	RITMO DESEABLE
		25.000 viv/año		120.000 viv/año	250.000 viv/año
7,5%	1.035.000	41,4 años	20,7 años	8,6 años	4,14 años
25%	3.450.000	138 años	69 años	28,75 años	13,8 años
50%	6.900.000	276 años	138 años	57 años	27,6 años

Así pues, con esta premisa se plantea un Escenario de actuación de mejora del barrio, con una programación de intervención según Arquetipo y año, Tabla 3.30. Con este escenario la previsión de rehabilitación del barrio sería de cuatro años, con una intervención del 25% del total de inmuebles cada año. Este tipo de estudios pueden servir de apoyo para optimizar políticas públicas de ayudas a la mejora energética del parque urbano.

Tabla 3.30 Su1_Escenario 1. Propuesta de actuación según GTR. Elaboración propia.

ARQUETIPO	ETAPA	BLOQUE	nº Edificios	% Edificios	Total/B	Objetivo 25%/año			
						Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
UF_T1_Pre 1900	Pre-1900	B1	32	2,12	2,12 (%) (32 e)	8	8	8	8
UF_T2_01-36			50	3,31	6,88% (104)	14	14	14	14
UF_T3_01-36	37-59	B2	54	3,57		12	12	12	12
UF_T4_37-59			78	5,16	19	19	19	19	
MF_T5_37-59		B3	78	5,16	19	19	19	19	
BA_T6_37-59			28	1,85	8	8	8	8	
UF_T7_60-79	60-79	B4	136	9,00	34	34	34	34	
MF_T8_60-79			56	3,71	14	14	14	14	
BA_T9_60-79			552	36,53	138	138	138	138	
UF_T10_80-06			80-06	B5	60	3,97	15	15	15
MF_T11_80-06	29	1,92			7	7	7	7	
BA_T12_80-06	274	18,13			68	68	68	68	
UF_T13_07-20	07-Post	B6			28	1,85	7	7	7
MF_T14-07-20			5	0,33	1	1	1	1	
BA_T15_07-20			51	3,38	13	13	13	13	

Su2_ESCENARIO 2: Rehabilitación de edificios de mayor incidencia y peores condiciones energéticas

- **Etapas 60-79,**
- **AU: BA-T9**
- **Representan el 36.53% del total**

En base al estudio del caso realizado podemos extrapolar los datos para analizar el Escenario 2:

Indicadores energéticos edificio

El Arquetipo Urbano BA-T9-60/79 es el de mayor incidencia en todo el barrio y representa un 36.53% del total. Para los valores promedio de reducción en los indicadores energéticos obtenidos en el cálculo de la certificación energética del edificio y para una superficie construida estimada de 3.372 m², podemos obtener los ahorros que supondría la mejora energética de todos los edificios del barrio correspondientes al Arquetipo T9, según se indica en la Tabla 3.31.

Tabla 3.31 Escenario de mejora energética de los AU BA-T9-60/79. Elaboración propia

Arquetipo Urbano T9-60/79	BA-	Reducción % EMISIONES CO2eq/m2año (kg)	Reducción % CONSUMO ENERGÍA kWh/m2año	Reducción % DEMANDA CALEFACCIÓN kWh/m2año
Reducción promedio		25,83	25,70	54,82
Nivel Edificio (3.372 m2)		87.110,49	86.661,19	184.866,47
Nivel Urbano (552 Edif)		48.084.992,89	47.836.978,39	102.046.292,62

Indicadores ambientales estrategias de actuación

Para el caso de estudio del Arquetipo Urbano T9, considerando los dos elementos de la envolvente sobre los que se ha aplicado variabilidad, tendremos en cuenta la actuación en cubierta y la actuación en fachada principal y posterior, no se tienen en cuenta las fachadas medianeras, por considerarse adiabáticas en el modelo.

Teniendo en cuenta los datos dimensionales de cubierta y fachada (562,00 m² y 1.263,70 m² respectivamente) y los valores de los indicadores ACV para un m² de propuesta de actuación del elemento, resultará que para el Arquetipo BA-T9-60/79 obtendremos unos resultados, según se muestra en la Tabla 3.32, de forma que podemos conocer la repercusión total del indicador ambiental sobre el total del edificio, según la estrategia optimizada planteada en la mejora energética del edificio. La Tabla 3.32, muestra una parte de la tabla de cálculo para mejor visualización.

Tabla 3.32 Valores GWP según estrategias optimizadas BA-T9-60/79. Elaboración propia

CODIGO	M ² ACTUACIÓN CUBIERTA	GWP/M2 SISTEMA CUBIERTA	GWP SISTEMA CUBIERTA (KG)	M ² ACTUACIÓN FACHADA	GWP/M2 SISTEMA FACHADA	GWP SISTEMA FACHADA	UDS. CARPINTERIA	GWP/UD. CARPINTERÍA
F2_S-FB-PVC/VD	562	52,596	29558,95	1263,7	11,20	14152,18	220	113,14
F2_SG-FB-PVC	562	52,596	29558,95	1263,7	10,05	12700,19	220	113,14
F2_SW-FB-PVC	562	52,596	29558,95	1263,7	10,937	13821,09	220	113,14
F2_SC-FB-PVC	562	52,596	29558,95	1263,7	-6,93	-8757,44	220	113,14
F2_VW-FB-PVC	562	52,596	29558,95	1263,7	20,533	25947,55	220	113,14
F2_VQ-FB-PVC	562	52,596	29558,95	1263,7	19,168	24222,60	220	113,14
F2_I-FB-PVC	562	52,596	29558,95	1263,7	6,744	8522,39	220	113,14
F2_S-AI-PVC	562	41,601	23379,76	1263,7	11,199	14152,18	220	113,14

La Imagen 3.103 arroja información sobre la incidencia que tiene en las emisiones de CO₂ la intervención de mejora para cada uno de los elementos de la envolvente. A partir de los datos dimensionales del edificio, podemos conocer cuantitativamente el ahorro en emisiones que supondría la solución óptima, por ejemplo, F2-SC-FP-PVC/VD, (24.890,80 KgCO₂), con respecto a las demás propuestas. Así pues, el proceso nos permite cuantificar de manera precisa estrategias de actuación frente a políticas de actuación contra el cambio climático.

Para este Arquetipo Urbano (con un porcentaje de huecos en la fachada de aproximadamente el 20%), la carpintería de PVC propuesta tiene una alta repercusión medioambiental en el total de los valores de GWP. Así pues, la solución óptima según valor total de las emisiones correspondería a una fachada mejorada con un sistema SATE con corcho y una cubierta flotante con pavimento, por el contrario, la más desfavorable en emisiones sería una fachada rehabilitada con un sistema ventilado con lana mineral como aislamiento y una cubierta flotante con baldosas de cemento.

Un buen análisis medioambiental pasará por tener unos datos de ACV accesible y fiables, sin necesidad de ser un experto en la obtención de estos, dado que son complejos de obtener y particulares para cada zona de actuación, se requieren conocimientos de herramientas que no siempre son accesibles. Por ejemplo, para Arquetipos Urbanos de construcción más reciente, 80-06 y 07-posteriores, la repercusión de este indicador sería muy relevante, dado que los porcentajes de huecos se incrementan, son tipologías con ventanales de mayor dimensión, además de incorporar miradores acristalados de grandes dimensiones.

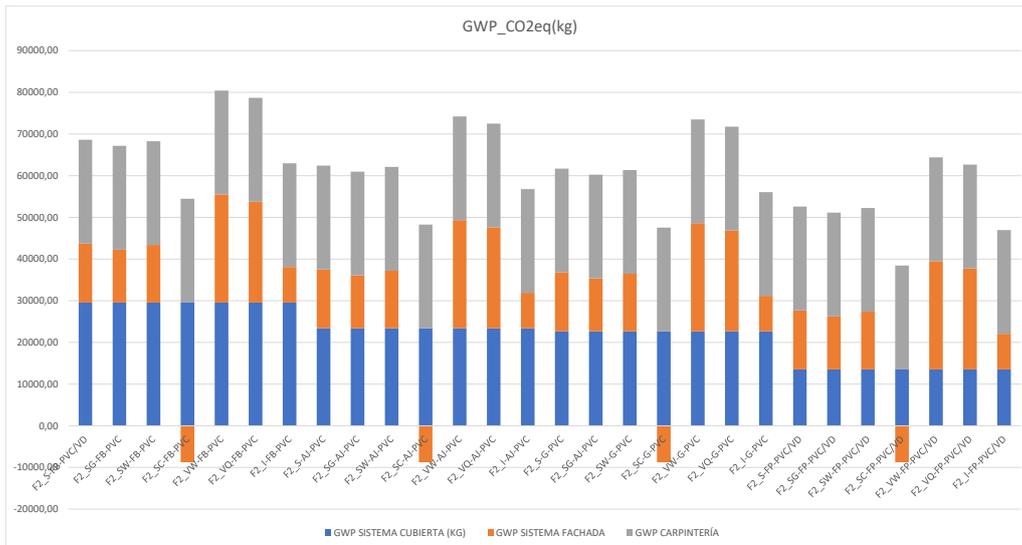


Imagen 3.103 Análisis estrategias GWP BA-T9-60/79. Elaboración propia

Los resultados del análisis geométrico de la envolvente de los Arquetipos Urbanos se muestran en la Imagen 104 en su conjunto y de forma separada para huecos, fachada y cubierta en la Imagen 3.105.

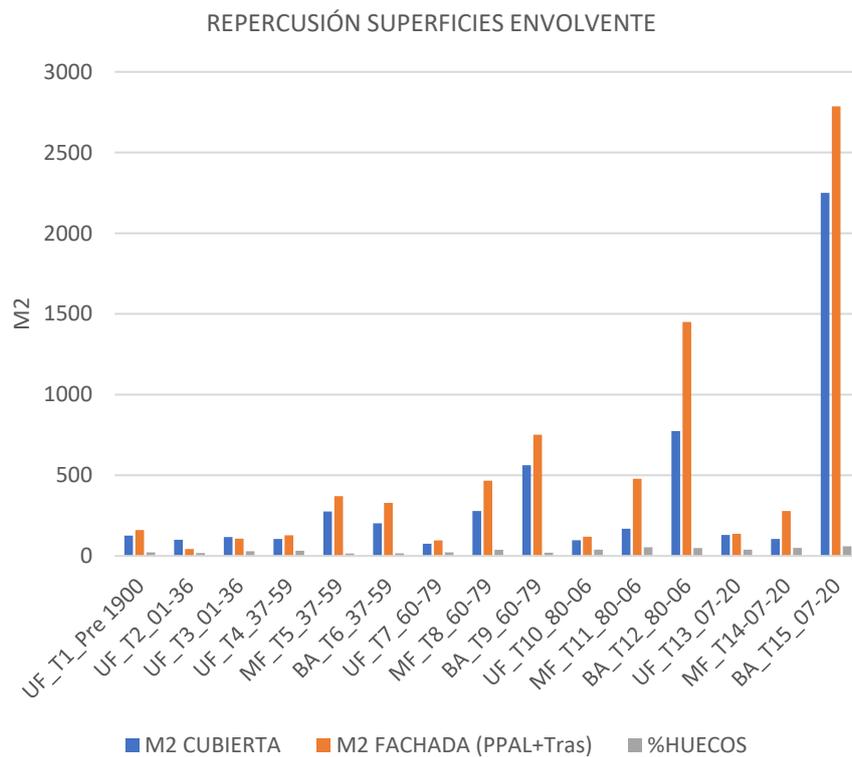


Imagen 3.104 Grado de incidencia de los elementos de la envolvente. % Huecos. Elaboración propia

El porcentaje de huecos menor en construcciones antiguas está justificado principalmente, por tratarse la fachada de un elemento estructural que no debe comprometerse con la apertura de huecos demasiado grandes. Además, también por la necesidad de mantener las condiciones de confort interiores, dado que los huecos son puntos de grandes pérdidas energéticas. Como ya se explicó anteriormente, la fachada deja de tener una función estructural con el avance de la tecnología del hormigón para tener una función más estética, ello dará paso a mayor cantidad de huecos en fachadas y de mayor magnitud. La ventaja de tener cuantificados estos datos dimensionales de la envolvente, facilitará los cálculos de las cargas medioambientales que pueda suponer optar por unas estrategias u otras, frente a políticas de intervención.

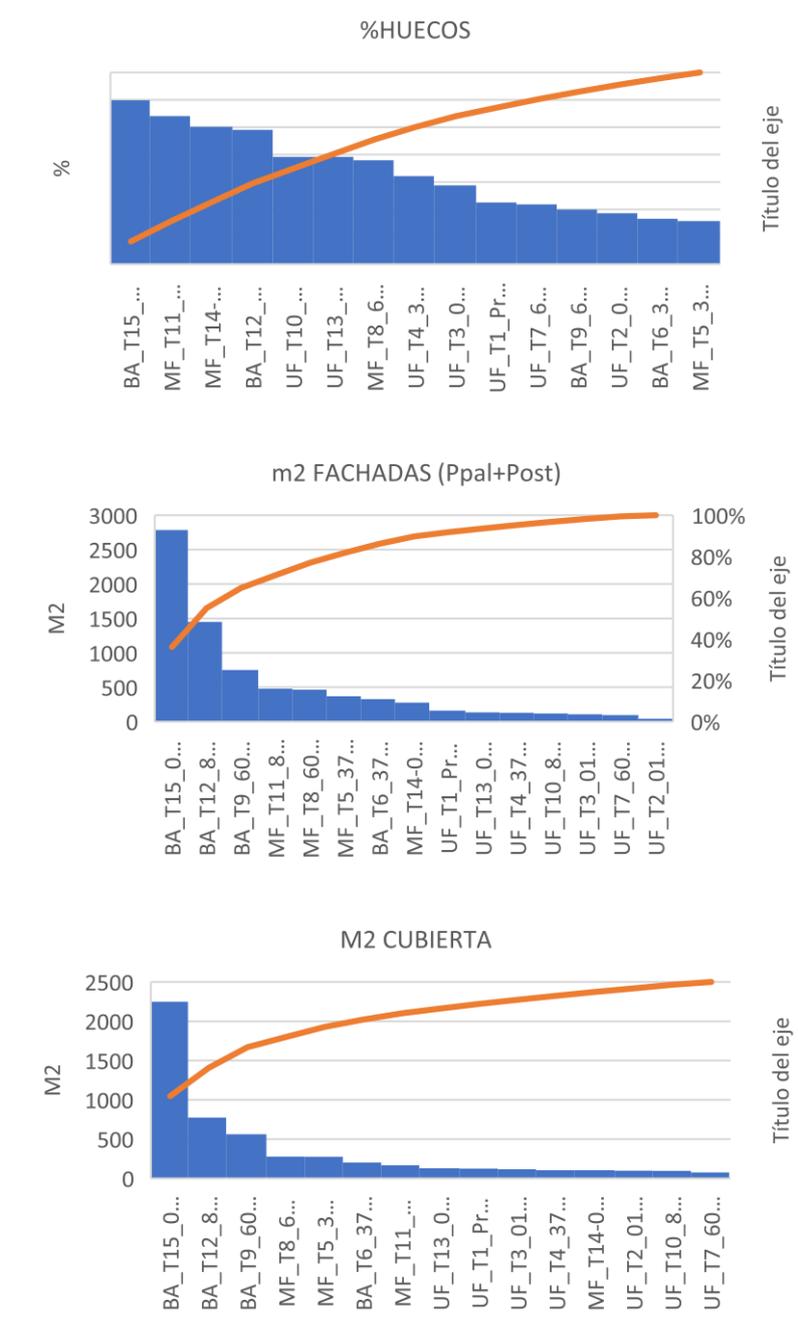


Imagen 3.105 Grado de incidencia de los elementos de la envolvente. M² Fachada y Cubierta. Elaboración propia

Su3_ESCENARIO 3: Rehabilitación de edificios que estén en la mitad de su ciclo de vida, considerando en la óptima mejora energética teniendo en cuenta el aspecto medioambiental

- **Etapa 60-79,**
- **AU: T7-T8-T9**
- **Representan el 49.24% del total (9-3.71 y 36.53% respectivamente)**

Si consideramos el ciclo de vida medio de un edificio de 100 años, según bases normativas y de cálculo de estructuras de hormigón armado, consideraremos rentable la intervención de un edificio que se encuentre en su mitad. A esa etapa corresponden los arquetipos UF-T7, MF_T8 y BA_T9. Los tres arquetipos presentan similitudes constructivas, por pertenecer a la misma etapa, independientemente de la dimensión del edificio (unifamiliar o plurifamiliar). Comparten la misma composición de fachada de dos hojas y cubierta plana, corresponden a arquetipos cuyas propuestas de mejora son compartidas. Así pues, podemos plantear el escenario analizando todos los datos obtenidos anteriormente, Tabla 3.:

Tabla 3.33 Datos geométricos de los Arquetipos Urbanos. Elaboración propia

ARQUETIPOS	M2 CUBIERTA	M2 FACHADA (PPAL+Tras)	%HUECOS	M2 HUECOS
UF_T1_Pre 1900	126,00	160,80	22,57	36,29
UF_T2_01-36	100,00	42,80	18,64	7,98
UF_T3_01-36	117,00	107,20	28,83	30,91
UF_T4_37-59	105,00	128,64	32,19	41,41
MF_T5_37-59	276,00	370,20	15,78	58,42
BA_T6_37-59	202,36	328,80	16,60	54,58
UF_T7_60-79	76,00	96,58	21,83	21,08
MF_T8_60-79	279,00	466,20	38,00	177,16
BA_T9_60-79	562,00	751,80	20,00	150,36
UF_T10_80-06	97,00	119,40	39,20	46,80
MF_T11_80-06	169,00	478,80	54,10	259,03
BA_T12_80-06	774,00	1.450,00	49,10	711,95
UF_T13_07-20	130,00	136,73	39,20	53,60
MF_T14_07-20	105,00	278,15	50,20	139,63
BA_T15_07-20	2.250,00	2.785,94	59,90	1668,78

- Datos geométricos del edificio, superficie de la envolvente del edificio
- Propuestas de mejora energética con los datos de los indicadores medioambientales

De cada una de las propuestas se han obtenido los indicadores de ACV, en este caso las propuestas que se presentan en la Tabla 3.34 corresponden a las que van a intervenir en las estrategias optimizadas elegidas para este escenario.

- Estrategias de intervención optimizadas

Tabla 3.34 Valores de los indicadores medioambientales para las propuestas óptimas. Elaboración propia

Propuestas de Mejora	GWP total CO2 eq.(kg)	PERT (MJ)	PERNRT (MJ)	FW (M3)	RESIDUOS TOTALES (Kg/m2)
T7/T8/T9-F2-SC	-6,928	499,384	182,938	0,449	1,677
T7/T8/T9-CP-AJ	7,674	10,414	213,489	0,431	2,173
T7/T8/T9-CP-GR	7,334	12,829	182,261	0,211	0,909
CR_AL/V_Dar	112,727	446,461	1197,317	14,439	0,864
CR_PVC/V_Dar	101,81	91,625	999,053	2,138	0,654
CR_MD/V_Dar	-50,938	4491,602	422,552	72,162	0,869

De la relación de las estrategias optimizadas, se han tomado las tres primeras resultantes, Tabla 3.35, de la combinación óptima de los indicadores medioambientales, que es el caso de la propuesta del escenario.

Tabla 3.35 Estrategias óptimas según indicadores medioambientales. Elaboración propia

Estrategia optimizada		Fachada	Cubierta Plana Invertida	Carpintería	Vidrio
		F	CP	CR	V
Estrateg 1	F2-SC	SATE-Corcho	Acab. Gravas	PVC	Doble/Argón
	CP-GR				
	CR_PVC/V_Dar				
Estrateg 2	F2-SC	SATE-Corcho	Ajardinada	Aluminio	Doble/Argón
	CP-AJ				
	CR_CR_AL/V_Dar				
Estrateg 3	F2-SC	SATE-Corcho	Ajardinada	Madera	Doble/Argón
	CP-AJ				
	CR_CR_MD/V_Dar				

Para cada una de las estrategias se le han sumado los valores de los indicadores medioambientales y repercutido en los metros cuadrados del elemento envolvente correspondiente obteniendo el total del valor de emisiones (GWP) para cada arquetipo, Imagen 106.

Dado que se han tomado las mejores estrategias obtenidas tras la optimización, no hay diferencias notables entre las estrategias cuando se trata de una misma tipología, pero sí lo suficiente para que haya una diferencia visible y pueda ser motivo decisorio en la actuación de mejora, como se observa en la Imagen 3.106.

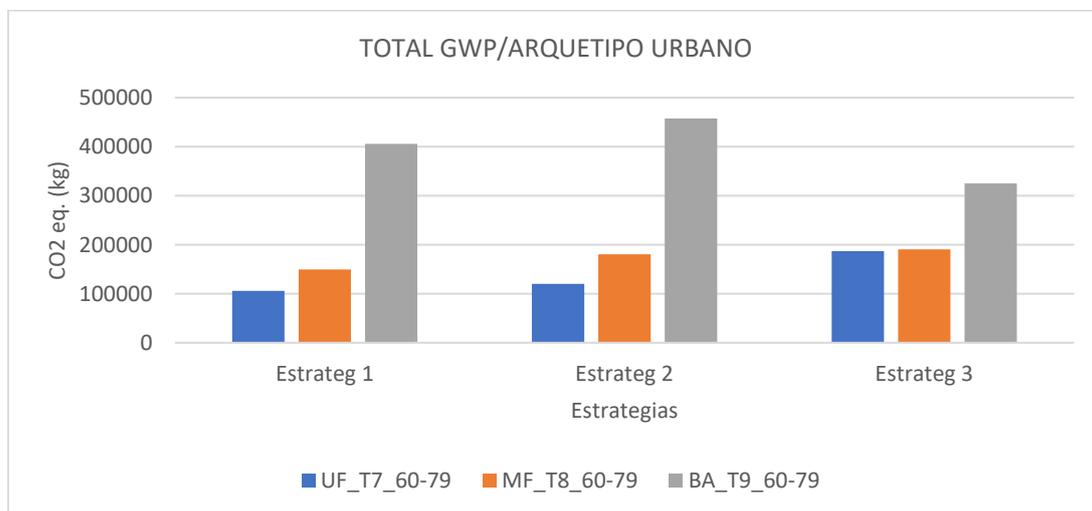


Imagen 3.106 Resultados de aplicación de las estrategias óptimas. Elaboración propia

Otros Escenarios posibles que plantear en futuros trabajos:

Su3_ ESCENARIO 4: Rehabilitación de todos los edificios que estén en la mitad de su ciclo de vida, con unos porcentajes proporcionales a su incidencia.

- Etapa 60-79
- AU: T7-T8-T9
- Representan el 49.24% del total (9%, 3.71% y 36.53% respectivamente)

Su4_ ESCENARIO 5: Rehabilitación de todos los edificios construidos antes de la normativa NB CT-79, con unos porcentajes proporcionales a su incidencia.

- Etapa 60-79 y anteriores
- AU: T1 hasta T9
- Representan el 70.42% del total

Su5_ ESCENARIO 6: Rehabilitación de todos los edificios construidos antes de la entrada en vigor del CTE-06, con unos porcentajes proporcionales a su incidencia.

- Etapa 80-2006 y anteriores
- AU: T1 hasta T12
- Representan el 97.23% del total

4 CAPÍTULO. CONCLUSIONES Y FUTUROS TRABAJOS

4.1 Conclusiones

El Distrito de Benicalap presenta grandes contrastes, zonas que han experimentado una gran expansión urbanística en los últimos años y zonas que se han quedado más descuidadas y obsoletas, dejando paso no solo al contraste inmobiliario sino también al social, franjas ocupadas por ciudadanos de alto poder adquisitivo con otras más degradadas socialmente y todo ello conviviendo en un mismo distrito. La mayoría del parque inmobiliario fue construido durante décadas con pocas exigencias constructivas y energéticas de ahí que los edificios presenten unas deficiencias importantes que van en detrimento de la sostenibilidad en todas sus dimensiones.

Así pues, tras el desarrollo de la tesis se plantean las siguientes conclusiones:

- Existen cierta armonización en la evaluación de la sostenibilidad, pues, aunque existen estándares a nivel internacional (ISO) y a nivel europeo (EN), ambos presentan un enfoque de la sostenibilidad similar sin presentar grandes contradicciones en sus desarrollos. Los beneficios que ofrece la estandarización es que permiten una aplicación más global no dependiendo de sistemas de evaluación de la sostenibilidad comerciales.
- Las metodologías de evaluación de la sostenibilidad en el campo de la edificación, extrapolable al entorno urbano, se puede concluir que, deben tener en primer lugar un enfoque multidimensional que sea capaz de aunar los tres pilares de la sostenibilidad, el medioambiental, social y económico. Además, que, la metodología esté basada en métodos cuantitativos de manera que los datos no estén sujetos a criterios subjetivos del que realiza la evaluación. Y, por último, adoptar un enfoque bottom-up que permita un mejor control de los niveles inferiores del sistema.
- Las herramientas de evaluación de la sostenibilidad deben permitir la optimización y comparación entre diferentes soluciones, al mismo tiempo que recomendar la mejor solución que sustituya a la menos sostenible. Cuando un producto o una solución cambia en una parte del proyecto/edificio puede causar cambios en muchos más lugares, la metodología BIM (*Building Information Modelling*) pueden contribuir en facilitar este aspecto.

El que existan múltiples herramientas para un mismo cometido, puede provocar el uso de estas según reporten mayor o menor beneficio, poniendo en cuestión la fiabilidad de estas. Por lo tanto, hay que desarrollar herramientas que se basen en un modelo universal de comparación, para que así permitan la verificación y comparación de las calificaciones obtenidas entre las distintas herramientas utilizadas.

- Mediante una importante base de datos y su análisis es posible optimizar estrategias de intervención en la rehabilitación de edificios, a través de la cuantificación de indicadores energéticos, medioambientales y económicos de las propuestas, adaptándose además a los Arquetipos Urbanos tipo de cada entorno específico, independientemente de la zona climática en la que se encuentre.
- Para una toma de decisiones adecuadas es necesario disponer de estudios de ACV de los materiales con rigor, de forma que al plantear las propuestas de actuación se tengan como referencia documentos técnicos avalados por las Declaraciones Ambientales del Producto (DAP) correspondientes. Es así como podrá realizarse un adecuado estudio medioambiental. Al mismo tiempo, esta información debe estar disponible en bases de datos libres o al menos en

aplicaciones de uso corriente en el desarrollo de la documentación proyectual, con el objeto de hacer más universal el acceso a la información y facilitar su aplicación y análisis.

- No es recomendable el uso de datos y criterios cualitativos en la evaluación de la sostenibilidad, dado que puede dar lugar a interpretaciones subjetivas de la evaluación si no se hacen comparaciones en base a criterios con unos puntos de referencia.
- Con el estudio del caso se ha presentado una metodología de análisis multicriterio para evaluar estrategias de rehabilitación. Ha permitido evaluar las diferentes soluciones de mejora energética desde una perspectiva medioambiental y económica a través del enfoque de ciclo de vida. El aspecto económico es coyuntural y depende mayoritariamente de la demanda final del sistema. Entre los resultados se ha concluido que, las propuestas de intervención que resultarán en una estrategia más sostenible serán aquellas que incluyan materiales naturales en su composición, que, aunque no sea en su totalidad, por lo menos puedan compensar al resto.
- Con el análisis a escala urbana planteado, se concluye que, una adecuada evaluación de la sostenibilidad a nivel urbano requiere de una extensa y fiable base de datos, que incluya información de todos aquellos indicadores que quieran incluirse en la evaluación. Como se ha visto, el barrio tiene un gran potencial de mejora y son muchos los escenarios de actuación que se pueden llevar a cabo según las políticas de interés. Si atendemos a los tres pilares de la sostenibilidad, la mejor estrategia a plantear que cumpliera con todos los objetivos planteados durante la presente tesis sería una estrategia que incluyera:
 - Potenciar la mejora energética pasiva de los edificios, mediante la aplicación de sistemas constructivos que impliquen minimizar la instalación de sistemas activos para alcanzar el confort interior, fomentando la construcción pasiva, mediante una adecuada estanqueidad, conveniente elección y diseño de los materiales e inclusión de sistemas mecánicos adecuados al sistema constructivo pasivo.
 - Garantizar la sostenibilidad medioambiental, reduciendo la huella de carbono de los materiales, promoviendo el uso de materiales naturales, reciclados, y de procedencia cercana.
 - Asegurar la viabilidad económica de la intervención desde distintos puntos de vista de la escala social del barrio. Soluciones que garanticen el cumplimiento de la normativa y ajustadas económicamente según el estrato social al que pertenezca el edificio objeto de intervención.
 - Alcanzados los tres puntos anteriores, además, que la estrategia aportara una mejora social, potenciando espacios sin uso o degradados, tales como patios interiores de manzanas y cubiertas, para convertirlos en espacios de acogimiento de las relaciones sociales.
 - La incorporación de la tecnología de la industrialización y sus procesos en los sistemas de mejora, que aumenten la calidad de las soluciones constructivas, que permitan una reducción de los residuos y un mejor control de la planificación y los procesos y que además facilite la inclusión social en la construcción.

4.2 Futuros trabajos

Se proponen las siguientes líneas de actuación futuras para continuar con el trabajo desarrollado:

- La parametrización del método mediante una herramienta de simulación permitiría ampliar las propuestas de intervención y por tanto las estrategias con el fin de obtener más alternativas que confluyan en una optimización máxima.
- Incorporar la digitalización de la información con vistas a desarrollar gemelos digitales urbanos, tal que posibiliten el desarrollo de metodologías exhaustivas de simulación para optimizar los procesos de toma de decisiones, orientados a ciudades sostenibles, neutras en carbono y resilientes.
- Desarrollar metodologías holísticas, donde los escenarios que se planteen sean integradores de todas las partes que componen el entorno urbano, no solo los edificios, sino también sus habitantes, servicios, espacios verdes, etc. Plantear estrategias de intervención en las que se tengan en cuenta las sinergias entre las partes para garantizar la verdadera sostenibilidad del sistema.
- Una vez determinada la metodología, ahondar en los aspectos tecnológicos de diseño de sistemas industrializados aplicados a la rehabilitación energética.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] “CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO.”
- [2] U. N. Paris Agreement, “Paris Agreement Spanish,” 2015.
- [3] “PROTOCOLO DE KYOTO DE LA CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO.”
- [4] “Hacia una Estrategia Española de Desarrollo Sostenible,” 2030.
- [5] “Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010, relativa a la eficiencia energética de los edificios,” 2010.
- [6] “<https://www.usgbc.org/leed>.”
- [7] “<https://breeam.es/>.”
- [8] Y. Peng, Y. Lai, X. Li, and X. Zhang, “An alternative model for measuring the sustainability of urban regeneration: the way forward,” *J Clean Prod*, vol. 109, pp. 76–83, Dec. 2015, doi: 10.1016/J.JCLEPRO.2015.06.143.
- [9] R. K. Mavi, D. Gengatharen, N. K. Mavi, R. Hughes, A. Campbell, and R. Yates, “sustainability Review Sustainability in Construction Projects: A Systematic Literature Review,” 2021, doi: 10.3390/su13041932.
- [10] R. Kim, M.-K. Lim, S. Roh, W.-J. Park, and D. Pinheiro, “Analysis of the Characteristics of Environmental Impacts According to the Cut-Off Criteria Applicable to the Streamlined Life Cycle Assessment (S-LCA) of Apartment Buildings in South Korea,” 2021, doi: 10.3390/su13052898.
- [11] A. Sharifi and A. Murayama, “A critical review of seven selected neighborhood sustainability assessment tools,” *Environ Impact Assess Rev*, vol. 38, pp. 73–87, 2013, doi: 10.1016/j.eiar.2012.06.006.
- [12] A. Sharifi and A. Murayama, “Viability of using global standards for neighbourhood sustainability assessment: insights from a comparative case study,” *Journal of Environmental Planning and Management*, vol. 58, no. 1, pp. 1–23, Jan. 2014, doi: 10.1080/09640568.2013.866077.
- [13] C. L. Choguill, “Developing sustainable neighbourhoods,” *Habitat Int*, vol. 32, no. 1, pp. 41–48, Mar. 2008, doi: 10.1016/J.HABITATINT.2007.06.007.
- [14] A. Haapio, “Towards sustainable urban communities,” *Environ Impact Assess Rev*, vol. 32, no. 1, pp. 165–169, 2012, doi: 10.1016/j.eiar.2011.08.002.
- [15] A. Haapio and P. Viitaniemi, “A critical review of building environmental assessment tools,” *Environ Impact Assess Rev*, vol. 28, no. 7, pp. 469–482, 2008, doi: 10.1016/j.eiar.2008.01.002.

- [16] A. Haapio, "Towards sustainable urban communities," *Environ Impact Assess Rev*, vol. 32, no. 1, pp. 165–169, Jan. 2012, doi: 10.1016/J.EIAR.2011.08.002.
- [17] D. Brzica, "Urban transformation: environmental issues, wicked problems, and transport development in the context of circular economy", doi: 10.13135/2704-9906/7040.
- [18] M. Artaraz and E. U. De Empresariales, "Informes," vol. 2, 2002.
- [19] Asamblea General de la ONU, "Asamblea General," vol. 18790, pp. 1–19, 2012.
- [20] G. C. Gallopín, "El desarrollo sostenible desde una perspectiva sistémica," 2010. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/277187174>
- [21] S. et al Sala, "A Systemic Framework for Sustainability Assessment," *Ecological Economics*, vol. 119, pp. 314–325, 2015.
- [22] F. Quesada Molina, "Métodos de evaluación sostenible de la vivienda," *Hábitat Sustentable*, vol. 4, no. 1, 2014.
- [23] A. et al Cuchí, *La Qualitat Ambiental als Edificis*. 2009.
- [24] "museos .es 7-8 / 2011-2012," 2012.
- [25] J. M. Naredo, "Sobre el origen, el uso y el contenido del termino 'sostenible,'" *Cuadernos de Investigación Urbanística*, vol. 41, 1996.
- [26] V. Veleva and M. Ellenbecker, "Indicators of sustainable production: Framework and methodology," *J Clean Prod*, vol. 9, no. 6, pp. 519–549, Dec. 2001, doi: 10.1016/S0959-6526(01)00010-5.
- [27] H. M. Farrell A., "What does sustainability really mean?," *Environment*, vol. 40, no. 9, pp. 5–31, 1998.
- [28] "<https://www.oecd.org>."
- [29] "<https://www.iso.org/>."
- [30] "<https://www.cnmc.es/ambitos-de-actuacion/postal/actividad-internacional/comite-europeo-de-normalizacion>."
- [31] "<https://www.astm.org/products-services/standards-and-publications/standards.html>."
- [32] "norma española," 2016. [Online]. Available: www.aenor.es
- [33] "norma española UNE-EN 16309+A1." [Online]. Available: www.aenor.es
- [34] "Este documento forma parte de la biblioteca de UNIVERSIDAD POLITECNICA VALENCIA-HEMEROTECA," 2011.
- [35] "UNE EN ISO 14040 getiion ambiental _ ACV".

- [36] “norma española UNE-ISO 37120.” [Online]. Available: www.aenor.es
- [37] “Directiva 2012/27/UE Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de octubre de 2012,” 2012.
- [38] G. Krigsvoll, M. Fumo, and R. Morbiducci, “National and international standardization (international organization for standardization and European committee for standardization) relevant for sustainability in construction,” *Sustainability*, vol. 2, no. 12, pp. 3777–3791, 2010, doi: 10.3390/su2123777.
- [39] M. Wassouf, *De la casa pasiva al estándar PASSIVHAUS*, Gustavo Gili SL. Barcelona, 2015.
- [40] “UNE EN 15643-1 2012 SC. Evluaci de la sost. Parte 1 MARCO GENERAL”.
- [41] “<https://www.consilium.europa.eu/es/policies/green-deal/>.”
- [42] “https://new-european-bauhaus.europa.eu/get-inspired/selection-your-contributions/common-eu-standards-built-environment-accessible-all-2021-04-30_en.”
- [43] “norma española UNE-ISO 37120.” [Online]. Available: www.aenor.es
- [44] M. Llamas and R. Perez, “Climate Resilient Analysis of the Groningen City Final Thesis 2016,” 2016.
- [45] “Ley_8-2013 rehabilitacion, regeneracion y renovacion urbana”.
- [46] “Parlamento Europeo,” 2014.
- [47] W. McDonough and M. Braungart, “Towards a sustaining architecture for the 21st century: The promise of cradle-to-cradle design,” *Industry And Environment*, vol. 26, no. 2–3, pp. 13–16, 2003, [Online]. Available: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0242610970&partnerID=40&md5=544d52e178a22d5b4a28f75b0d60f4f4>
- [48] V. M. S. Sánchez, *ECODISEÑO Ingeniería sostenible de la cuna a la cuna (C2C) Francisco Aguayo González María Estela Peralta Álvarez Juan Ramón Lama Ruiz*.
- [49] U. Berardi, “Sustainability assessment in the construction sector: rating systems and rated buildings,” *Sustainable Development*, 2012, Accessed: Jun. 28, 2016. [Online]. Available: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/sd.532/full>
- [50] G. K. C. Ding, “Sustainable construction—The role of environmental assessment tools,” *J Environ Manage*, vol. 86, no. 3, pp. 451–464, 2008, doi: 10.1016/j.jenvman.2006.12.025.
- [51] I. Zabalza Bribián, A. Aranda Usón, and S. Scarpellini, “Life cycle assessment in buildings: State-of-the-art and simplified LCA methodology as a complement for building certification,” *Build Environ*, vol. 44, no. 12, pp. 2510–2520, 2009, doi: 10.1016/j.buildenv.2009.05.001.

- [52] I. Zabalza, S. Scarpellini, and A. Aranda, "Life Cycle Assessment in Buildings," pp. 1–9, [Online]. Available: [http://teide.cps.unizar.es:8080/pub/prensa.nsf/0/167C1280CCE0222CC125759F003236DB/\\$File/Paper LCA Building.pdf](http://teide.cps.unizar.es:8080/pub/prensa.nsf/0/167C1280CCE0222CC125759F003236DB/$File/Paper LCA Building.pdf)
- [53] A. A. Zabalza I., *Ecodiseño en la edificación*, 1ª. Universidad de Zaragoza, 2011.
- [54] U. Polit, "M E T O D O L O G Í A B A S A D A E N A C V P A R A L A".
- [55] L. Á. Antón and J. Díaz, "Integration of life cycle assessment in a BIM environment," *Procedia Eng*, vol. 85, pp. 26–32, 2014, doi: 10.1016/j.proeng.2014.10.525.
- [56] I. Zbicinski and J. Stavenuiter, "Product Design and Life Cycle Assessment," p. 295, 2006.
- [57] A. Forsberg and F. von Malmborg, "Tools for environmental assessment of the built environment," *Build Environ*, vol. 39, no. 2, pp. 223–228, 2004, doi: 10.1016/j.buildenv.2003.09.004.
- [58] M. Braulio-Gonzalo, M. D. Bovea, M. J. Ruá, and P. Juan, "A methodology for predicting the energy performance and indoor thermal comfort of residential stocks on the neighbourhood and city scales. A case study in Spain," *J Clean Prod*, vol. 139, pp. 646–665, 2016, doi: 10.1016/j.jclepro.2016.08.059.
- [59] G. Castanheira and L. Bragança, "The evolution of the sustainability assessment tool SBToolPT: From buildings to the built environment," *The Scientific World Journal*, vol. 2014, 2014, doi: 10.1155/2014/491791.
- [60] O. Ortiz, F. Castells, and G. Sonnemann, "Sustainability in the construction industry: A review of recent developments based on LCA," *Constr Build Mater*, 2009, Accessed: Jun. 28, 2016. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061807003005>
- [61] "https://www.iisbe.org."
- [62] "https://www.ibec.or.jp/CASBEE/."
- [63] "https://greenglobes.com."
- [64] "https://www.athenasmi.org/."
- [65] S. T. Ng, Y. Chen, and J. M. W. Wong, "Variability of building environmental assessment tools on evaluating carbon emissions," *Environ Impact Assess Rev*, vol. 38, pp. 131–141, 2013, doi: 10.1016/j.eiar.2012.07.003.
- [66] G. Castanheira and L. Bragança, "The evolution of the sustainability assessment tool SBToolPT: From buildings to the built environment," *The Scientific World Journal*, vol. 2014, 2014, doi: 10.1155/2014/491791.

- [67] I. Oliver-Faubel, "Integración de la metodología BIM en la programación curricular de los estudios de Grado en Arquitectura Técnica / Ingeniería de Edificación. Diseño de una propuesta.," p. 464, 2015.
- [68] M. V. Shoubi, M. V. Shoubi, A. Bagchi, and A. S. Barough, "Reducing the operational energy demand in buildings using building information modeling tools and sustainability approaches," *Ain Shams Engineering Journal*, vol. 6, no. 1, pp. 41–55, 2014, doi: 10.1016/j.asej.2014.09.006.
- [69] K. Wong and Q. Fan, "Building information modelling (BIM) for sustainable building design," *Facilities*, vol. 31, no. 3, pp. 138–157, 2013, doi: 10.1108/02632771311299412.
- [70] T. Biswas, T.-H. Wang, and R. Krishnamurti, "Integrating sustainable building rating systems with building information models," *13th International Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia*, pp. 193–200, 2006, [Online]. Available: http://cumincad.scix.net/data/works/att/caadria2008_24_session3a_193.content.pdf
- [71] W. Wu and R. R. A. Issa, "BIM Execution Planning in Green Building Projects: LEED as a Use Case," *Journal of Management in Engineering*, vol. 31, no. 1, pp. 1–18, 2014, doi: 10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000314.
- [72] S. Azhar, W. A. Carlton, D. Olsen, and I. Ahmad, "Building information modeling for sustainable design and LEED® rating analysis," *Autom Constr*, vol. 20, no. 2, pp. 217–224, 2011, doi: 10.1016/j.autcon.2010.09.019.
- [73] S. Azhar, W. A. Carlton, D. Olsen, and I. Ahmad, "Building information modeling for sustainable design and LEED® rating analysis," *Autom Constr*, vol. 20, no. 2, pp. 217–224, 2011, doi: 10.1016/j.autcon.2010.09.019.
- [74] H. J. Kang, "Development of a systematic model for an assessment tool for sustainable buildings based on a structural framework," *Energy Build*, vol. 104, pp. 287–301, 2015, doi: 10.1016/j.enbuild.2015.07.015.
- [75] F. AL-Nassar, R. Ruparathna, G. Chhipi-Shrestha, H. Haider, K. Hewage, and R. Sadiq, "Sustainability assessment framework for low rise commercial buildings: life cycle impact index-based approach," *Clean Technol Environ Policy*, pp. 1–12, 2016, doi: 10.1007/s10098-016-1168-1.
- [76] -----Dirigido por codirigido por, "METODOLOGÍA BASADA EN ACV PARA LA EVALUACIÓN DE SOSTENIBILIDAD EN EDIFICIOS."
- [77] "<https://www.codigotecnico.org/QueEsCTE/Historia.html>."
- [78] "<https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/dispLegislativas/RD3142006.pdf>."
- [79] "<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1955-10121>."
- [80] "[https://www.boe.es/eli/es/o/1969/05/20/\(1\)](https://www.boe.es/eli/es/o/1969/05/20/(1))."
- [81] "n.d.) <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1975-14782>."

- [82] "752 _____l~."
- [83] "[https://www.mkrsoluciones.com/blog/vivienda-mala-calificacion-energetica.](https://www.mkrsoluciones.com/blog/vivienda-mala-calificacion-energetica)"
- [84] "[https://webtool.building-typology.eu.](https://webtool.building-typology.eu)"
- [85] "Directiva 2012-27-UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de octubre de 2012," 2012.
- [86] "Ley_8-2013 rehabilitacion, regeneracion y renovacion urbana".
- [87] "[www.europarl.europa.eu/factsheets/es.](http://www.europarl.europa.eu/factsheets/es)"
- [88] "ERESEE 2020_Actualización_De la estrategia a largo plazo para la rehabilitación energética en el sector de la edificación de España".
- [89] "[https://www.mitma.es/el-ministerio/planes-estrategicos/estrategia-a-largo-plazo-para-la-rehabilitacion-energetica-en-el-sector-de-la-edificacion-en-espana/eresse2020.](https://www.mitma.es/el-ministerio/planes-estrategicos/estrategia-a-largo-plazo-para-la-rehabilitacion-energetica-en-el-sector-de-la-edificacion-en-espana/eresse2020)"
- [90] "[https://www.codigotecnico.org/noticias/2023-06-27-Publicacion-Recomendaciones-ERESEE2020.html.](https://www.codigotecnico.org/noticias/2023-06-27-Publicacion-Recomendaciones-ERESEE2020.html)"
- [91] "Ministerio de Fomento."
- [92] J. A. Fonseca and A. Schlueter, "Integrated model for characterization of spatiotemporal building energy consumption patterns in neighborhoods and city districts," *Appl Energy*, vol. 142, pp. 247–265, Mar. 2015, doi: 10.1016/j.apenergy.2014.12.068.
- [93] "[https://www.ine.es/censos2011_datos/cen11_datos_inicio.htm.](https://www.ine.es/censos2011_datos/cen11_datos_inicio.htm)"
- [94] "[www.ine.es.](http://www.ine.es)"
- [95] "[https://www.idae.es/.](https://www.idae.es/)"
- [96] "Escala de calificación energética Edificios existentes."
- [97] "[https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/eu-building-stock-observatory_en.](https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/eu-building-stock-observatory_en)"
- [98] "[https://episcopes.eu/.](https://episcopes.eu/)"
- [99] "[https://episcopes.eu/iee-project/episcopes/.](https://episcopes.eu/iee-project/episcopes/)"
- [100] "[webtool.building-typology.eu .](http://webtool.building-typology.eu)"
- [101] "[https://www.five.es/.](https://www.five.es/)"
- [102] "[www.savethehomes.net.](http://www.savethehomes.net)"
- [103] "[www.re-modulees.eu.](http://www.re-modulees.eu)"
- [104] "[https://renoveu.five.es.](https://renoveu.five.es)"

- [105] “(<https://renueva.five.es/>.”
- [106] C. Jiménez, “Análisis de las Metodologías para la recuperación patrimonial de entornos urbanos protegidos Propuesta Metodológica: desde los valores históricos a los nuevos modelos energéticos. Russafa desde el siglo XIX.”
- [107] “<https://www.asefave.org/>.”
- [108] “<https://cirs.ubc.ca/>.”
- [109] J. Salter *et al.*, “Iterative ‘what-if’ neighborhood simulation: energy and emissions impacts,” *Buildings and Cities*, vol. 1, no. 1, pp. 293–307, Jul. 2020, doi: 10.5334/bc.51.
- [110] “NBE-CT-79”.
- [111] “Parlamento Europeo P9_TA(2023)0068 Eficiencia energética de los edificios (refundición),” 2019.
- [112] “<https://growgreenproject.eu/>.”
- [113] P. Martí and C. García-Mayor, “The Huerta Agricultural Landscape in the Spanish Mediterranean Arc: One Landscape, Two Perspectives, Three Specific Huertas”, doi: 10.3390/land9110460.
- [114] “Estudio del barrio de Benicalap,” 2017.
- [115] “ESTUDIO DE BARRIO CIUTAT FALLERA 2021”.
- [116] “<https://www.valencia.es/cas/distritos> .”
- [117] “https://www.valencia.es/estadistica/Cartografia/Dt16_Benicalap.”
- [118] “https://www.valencia.es/estadistica/inf_dtba/2022/Districte_16.pdf.”
- [119] “<https://www.sedecatastro.gob.es/>.”
- [120] “<https://episcope.eu/building-typology/tabula-webtool>.”
- [121] GVA, “<https://sgcee.aven.es/sigenervs/default.aspx>,” IVACE_Registro Certificación Energética de Edificios.
- [122] “<https://gceedadesobertes.aven.es/dadesobertes/>.”
- [123] “https://visor.gva.es/visor/?capas=spa_icv_indus_certificados_energ%C3%A9ticos.”
- [124] “INFORME DE EVALUACIÓN SOBRE POLÍTICAS PÚBLICAS.”
- [125] “PLAN NACIONAL INTEGRADO DE ENERGÍA Y CLIMA,” 2021.
- [126] “<http://www.observatoriociudad3r.com/biblioteca/informe-gtr-ciudadespor-un-cambio-en-las-politicas-publicas-de-fomento-de-la-rehabilitacion-residencial-los-municipios-pieza-clave-en-un-marco-de-cooperacion-institucional-2/>.”

- [127] M. de Luxán García de Diego, *Re-habilitación exprés para hogares vulnerables: soluciones de bajo coste*. Fundación Gas Natural Fenosa, 2017.
- [128] “CATÁLOGO DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS DEL CTE Redacción: Instituto Eduardo Torroja de ciencias de la construcción con la colaboración de CEPCO y AICIA.”

