

REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS. LA PIEL DEL EDIFICIO

Los polígonos de vivienda de los años 70 en Barcelona La rehabilitación del polígono de Montbau

Josep M Rieradevall i Pons

REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

LA PIEL DEL EDIFICIO

Los polígonos de vivienda de los años 70 en Barcelona
La rehabilitación del polígono de Montbau

Josep M Rieradevall i Pons

tesis doctoral

Director Dr.Arquitecto Jaume Avellaneda i Diaz Grande
Co Director Dr. en Física Jaume Roset i Calzada

Universidad Politécnica de Catalunya.
Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona
Departamento de Construcciones Arquitectónicas

REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

LA PIEL DEL EDIFICIO

Los polígonos de vivienda de los años 70 en Barcelona.
La rehabilitación del polígono de Montbau

REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

LA PIEL DEL EDIFICIO

Los polígonos de vivienda de los años 70 en Barcelona.

La rehabilitación del polígono de Montbau

Josep M Rieradevall i Pons

Doctorado en Arquitectura, Energía y Medio Ambiente

Director: Doctor Arquitecto Jaume Avellaneda i Diaz Grande

Co Director: Doctor en Física Jaume Roset i Calzada

Tesis presentada para obtener el título de Doctor por la
Universidad Politècnica de Catalunya.

Jose María Rieradevall i Pons.

Director de la tesis · Jaume Avellaneda i Diaz Grande
Co director: Jaume Roset i Calzada
Departamento de Construcciones Arquitectónicas I
Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona
Universidad Politécnica de Catalunya

Co-director de la tesis · Jaume Rosset
Departamento de Física Aplicada
Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona
Universidad Politécnica de Catalunya

Octubre 2014

A Miranda que con su nacimiento me hizo comprender que no podemos dejar las cosas sin terminar.

Para que este trabajo fuera posible, debo agradecer a mis directores de tesis Jaume Avellaneda i Diaz Grande y Jaume Roset i Calzada su inestimable colaboración y soporte en la redacción de este trabajo, a la Sra. Maria Roncero del Patronat Municipal de l'Habitatge de l'Ajuntament de Barcelona, por poner a mi disposición todos los documentos del archivo del patronato, a Joan Rieradevall i Pons por su apoyo y comentarios al trabajo, a Jimena Montaña por sus aportes y correcciones en el proceso de escritura del documento, a Xiomara Mojica por su soporte constante en todo momento.

Un recuerdo especial a Rafael Serra i Florensa por sus enseñanzas durante la carrera y en el doctorado, por el cual muchos aprendimos una manera distinta de ver la arquitectura.

Por último, el agradecimiento más especial a Xiomara, Miranda y Silvio por acompañarme, impulsar y apoyar este trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

Prefacio	15
Capítulo 1. Introducción	19
1.1 Justificación e identificación de la problemática	21
1.2 Sostenibilidad y envolvente	23
Antecedentes ambientales	23
Normativa y su evolución	26
NBE CT-79 Condiciones térmicas en los edificios	27
NR AT-87 Norma reglamentaria aislamiento térmico en Cataluña	27
CTE DB-HE 1Limitación demanda energética	28
RD 235/2013 de 13 de abril, Certificación Eficiencia Energética	28
La envolvente del edificio	29
La rehabilitación	31
Economía y consumo	33
1.3 Objetivo de la tesis	34
Objetivo principal	34
Objetivos complementarios	34
1.4 Estructuración de la tesis	35
1.5 Actuaciones en nuestro entorno	36
Actuaciones a nivel Europeo	36
Actuaciones a nivel estatal y local	39
Capítulo 2. Metodología	41
2.1 Introducción	43
2.2 Fases del proceso	43
Análisis	44
Diagnos	45
Estrategias de actuación	46
Conclusiones	48
Capítulo 3. Los polígonos de vivienda en Barcelona	49
3.1 Introducción	51
3.2 El origen de los polígonos	52
3.3 Los polígonos de vivienda en el área de Barcelona	54
3.4 El Barrio de Montbau	58
3.5 Aspectos Sociológicos	68
3.6 Tipologías edificatorias del barrio de Montbau	71

	A Bloque Duplex -distribución por corredor-	72
	E/F Bloque lineal -2 viviendas por rellano-	74
	Q Torre -4 Viviendas por rellano-	75
	UNI14 -Viviendas unifamiliares en hilera-	76
3.7	Sistemas constructivos de la piel de los edificios del Barrio de Montbau	77
	. A Bloque Dúplex -distribución por corredor-	80
	. E/F Bloque lineal -2 viviendas por rellano-	83
	. Q Torre -4 Viviendas por rellano-	85
	. UNI14 -Viviendas unifamiliares en hilera-	88
3.8	Fichas constructivas y de transmitancias de los edificios del Barrio de Montbau	91
	Capítulo 4. Evaluación de los edificios tipo del barrio de Montbau	125
4.1	Introducción	127
4.2	Análisis y evaluación del comportamiento de la envolvente del edificio a través del programa DesingBuilder.	129
	· Condiciones climáticas de Barcelona, Madrid y Girona	129
	· Orientaciones de los edificios de Montbau	130
	· Características de la piel de los edificios de Montbau	131
	· Actividad humana	131
	· Sistemas de calefacción	132
4.3	Evaluación de la demanda energética actual, emisiones de CO2 eq y coste para los edificios tipo en Barcelona (por tipología, orientación y conjunto del barrio)	132
4.4	Evaluación de los edificios tipo implantados en Madrid y Girona	138
4.5	Diagnosic y descripción de déficits	141
	Capítulo 5. Cuantificación energética, económica y de emisiones de CO2 en función del grado de aislamiento	143
5.1	Introducción	145
5.2	Cuantificación de los edificios A, EF, Q y UNI14 en función del grado de aislamiento y tipología en Barcelona	147
5.3	Cuantificación de los edificios A, EF, Q y UNI14 en función del grado de aislamiento y tipología en Madrid	152
5.4	Cuantificación de los edificios A, EF, Q y UNI14 en función del grado de aislamiento y tipología en Girona	155

5.5	Evaluación de las mejoras en el conjunto del barrio de Montbau en Barcelona	159
Capítulo 6. Mejoras constructivas y cuantificación demanda de materiales		
		163
6.1	Introducción	165
6.2	Los materiales de aislamiento	166
6.3	Sistemas de cerramiento	169
6.4	Propuesta constructivas y evaluación de su coste energético, económico y de emisiones de CO2 eq	172
	· Propuesta constructiva estándar T1	172
	· Propuesta constructiva estándar T2	179
6.5	Coste de rehabilitación de fachadas	185
Capítulo 7. Optimización punto de equilibrio de los edificios tipo para Barcelona		
		191
7.1	Introducción	193
7.2	Optimización punto de equilibrio del Bloque A, según el consumo de energía, las emisiones de CO2 eq y coste económico (prospectivas de variación del precio de la energía)	197
	· Punto de equilibrio consumo de energía kWh, Bloque A	197
	· Punto de equilibrio emisiones de CO2 eq, Bloque A	200
	· Punto de equilibrio económico; escenarios 1, 2 y 3, Bloque A	203
7.3	Optimización punto de equilibrio del Bloque EF, según el consumo de energía, las emisiones de CO2 eq y coste económico (prospectivas de variación del precio de la energía)	209
	· Punto de equilibrio consumo de energía kWh, Bloque EF	209
	· Punto de equilibrio emisiones de CO2 eq, Bloque EF	212
	· Punto de equilibrio económico; escenarios 1, 2 y 3, Bloque EF	214
7.4	Optimización punto de equilibrio del Bloque Q, según el consumo de energía, las emisiones de CO2 eq y coste económico (prospectivas de variación del precio de la energía).	220
	· Punto de equilibrio consumo de energía kWh, Bloque Q	220
	· Punto de equilibrio emisiones de CO2 eq, Bloque Q	222
	· Punto de equilibrio económico; escenarios 1, 2 y 3, Bloque Q	225
7.5	Optimización punto de equilibrio del Bloque UNI14, según el consumo de energía, las emisiones de CO2 eq y coste económico (prospectivas de variación del precio de la energía).	230
	· Punto de equilibrio consumo de energía kWh, Bloque UNI14	230
	· Punto de equilibrio emisiones de CO2 eq, Bloque UNI14	232
	· Punto de equilibrio económico; escenarios 1, 2 y 3, UNI14	235
7.6	Eficiencia entre emisiones de CO2 eq y coste económico	240
	· Eficiencia Bloque A	241
	· Eficiencia Bloque EF	246
	· Eficiencia Bloque Q	250
	· Eficiencia Bloque UNI14	254

7.7	Eficiencia en la rehabilitación del barrio de Montbau	258
Capítulo 8. Conclusiones finales y futuras líneas de investigación		265
8.1	Introducción	267
8.2	Consecuencias del estado actual de los edificios	268
8.3	Consecuencias de la intervención en la envolvente de los edificios tipo.	269
8.4	Consecuencia de la demanda de materiales	271
8.5	Efectividad de las propuestas constructivas utilizadas con los diversos grados de aislamiento en función del tiempo de optimización.	271
8.6	Visión global de la rehabilitación del Barrio	273
8.7	Costos para el planeta	274
8.8	Futuras líneas de investigación	274
Bibliografía		277
Documentos Complementarios		
4.1	Evaluación energética de los edificios A, EF, Q, UNI14	
5.1	Propuesta de grado de aislamiento de los edificios A, EF, Q y UNI14 de Montbau en Barcelona, 2012	
5.2	Propuesta de grado de aislamiento de los edificios A, EF, Q y UNI14 de Montbau en Madrid, 2012	
5.3	Propuesta de grado de aislamiento de los edificios A, EF, Q y UNI14 de Montbau en Girona, 2012	
7.1	Bloque A – Optimización punto de equilibrio en la rehabilitación de la piel del edificio, año 2012	
7.2	Bloque EF – Optimización punto de equilibrio en la rehabilitación de la piel del edificio, año 2012	
7.3	Bloque Q – Optimización punto de equilibrio en la rehabilitación de la piel del edificio, año 2012	
7.4	Bloque UNI14 – Optimización punto de equilibrio en a rehabilitación de la piel del edificio, año 2012	
Anexos		
Anexo Capitulo 3		
Planos edificios del barrio de Montbau		
Anexo Capitulo 4		
4.1	Anexo Resultados DesingBuilder para Barcelona, Madrid y Girona	
Anexo Capitulo 5		
5.1	Anexo Resultados DesingBuilder del grado de aislamiento de los edificios A, EF, Q, UNI14 de Montbau en Barcelona	
5.2	Anexo Resultados DesingBuilder del grado de aislamiento de los edificios A, EF, Q, UNI14 de Montbau en Madrid	
5.3	Anexo Resultados DesingBuilder del grado de aislamiento de los edificios A, EF, Q, UNI14 de Montbau en Girona	
Anexo Capitulo 6		
6.1	Componentes de las soluciones constructivas kWh/ CO2 eq / €	

P

Prefacio

Hacia una construcción sostenible, hacia una rehabilitación sostenible.

En 1987 en el "Informe Brundland (Our Common Future), definió el término sostenible, como "aquel que garantiza las necesidades del presente sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades". Ante la evidencia de los desastres causados por el uso indiscriminado de los recursos naturales no renovables, la contaminación de los recursos hídricos, la desecación de los mismos y la emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera, entre otros, en el siglo XXI las alertas son cada vez más frecuentes y las consecuencias más graves.

En 1997, en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático, se estableció el Protocolo de Kyoto: un acuerdo de 140 países para hacer frente al problema del calentamiento global, con el objetivo primordial de reducir el incremento de gases, producto del efecto invernadero los países en diferentes cumbres se han unido a una serie de convenciones para mitigar el desastre y están comprometidos a velar porque sus ciudades le apuesten al desarrollo sostenible.

Para los años sesenta de la mano del movimiento moderno, se inicia la construcción de vivienda masiva, intentando dar cobijo a una población en crecimiento. Surgieron como propuesta estética polígonos de vivienda cuyos edificios en altura y dimensiones proveerían a la población menos favorecida de vivienda. La construcción de estos permitía gestionar unitariamente grandes piezas de suelo para facilitar los mecanismos de producción de ciudad y abría nuevas perspectivas sobre los crecimientos urbanos. El movimiento moderno proponía, a la par con la nueva estética y las nuevas soluciones, la utilización de diferentes materiales en la construcción los cuales permitirán además adecuarse a los requisitos económicos.

Si bien para finales del siglo XX el informe Brunald define el término sostenible, unido también a la necesidad de una equidad social y manejo de recursos, los cambios en los últimos años hacen imperante un acercamiento a la recuperación del parque inmobiliario construido como parte esencial de la construcción de

las ciudades de cara al futuro del planeta. Es necesario rehabilitar, reconstruir y reutilizar. La ocupación sin medida del territorio debe tener coto así como el derecho a una vivienda digna y equitativa. La sustitución de edificios por otros nuevos, acarrea costes cada vez más elevados y las condiciones económicas y sus cambios drásticos en la economía en últimas décadas obliga a detenerse para contemplar la necesidad de alternativas con miras a la recuperación de los entornos y la sostenibilidad.

En cuanto a las condiciones actuales, se estima que un calentamiento global promedio en la superficie terrestre superior a los 2 °C puede generar problemas irreversibles en los ecosistemas y con ellos afectar la economía, los modelos productivos, la agricultura, generando fenómenos climáticos extremos cuyos efectos devastadores se están viviendo cada día. Las previsiones actuales estiman una alta probabilidad de un calentamiento en el entorno de 0,2 °C por década en el futuro cercano, lo que llevaría a esta situación irreversible en un siglo. En la escala global, los efectos del calentamiento ya están generando situaciones irreversibles, tales como el derretimiento paulatino de los cascos polares y el consiguiente aumento del nivel del mar con sus nefastas consecuencias.

El aumento en el mundo moderno de las emisiones de CO₂ eq a la atmósfera está ligado a las actividades humanas: el uso intensivo de combustibles fósiles y la destrucción de los bosques con la tala indiscriminada generando sequías y destrucción de acuíferos.

Las emisiones gases ligadas al uso de fuentes energéticas fósiles se producen por la combustión de carbón, petróleo y gas natural, proceso que libera el carbono almacenado en estos combustibles a la atmósfera. Las ciudades, sus edificios, las industrias y los vehículos emiten CO₂ eq en su funcionamiento. Un edificio destinado a vivienda emite emisiones de CO₂ altísimas producidas para su calefacción. Calefacción emitida por fuentes y recursos que tenderán a agotarse y día a día están generando más y más emisiones.

Rehabilitación y recuperación; un aporte a la ciudad y al planeta

Esta tesis desarrolla y plantea cómo hipótesis la rehabilitación de la piel de los edificios tipo del Barrio de Montbau – construidos antes de la expedición de la Normativa sobre ahorro energético NBE-CT-79.

Si bien las condiciones de los edificios son buenas, fueron construidos hace más de cincuenta años cuando primaba la necesidad de albergue sobre la utilización indiscriminada de recursos naturales y requieren una intervención para lograr las condiciones de confort necesarias acordes con el respeto por el medio ambiente. La rehabilitación permitiría la recuperación del conjunto, garantizaría su habitabilidad en el tiempo y a la vez aportaría a la construcción de una ciudad sostenible mitigando las emisiones de CO₂ eq a la atmósfera y reduciendo los costos de energía.

El estudio está dirigido como herramienta de análisis y propuesta para, sobre la hipótesis, fomentar la rehabilitación energética de los edificios haciéndolos más eficientes y sostenibles, utilizando recursos informáticos que permitan estudiar este comportamiento. Así mismo se hace un estudio de la manera cómo influyen las tipologías edificatorias en el confort interno y cuál sería el plazo de optimización de la mejora de la envolvente en función del tiempo.

Las gráficas permiten al lector aproximarse a la investigación y al análisis evidenciando los resultados y cifras, las condiciones y sus cambios con las posibles intervenciones y soluciones constructivas propuestos siguiendo el análisis de los resultados en cuanto a costes de energía y reducción de emisiones de CO₂ eq en diferentes periodos y a lo largo de los años, el punto de optimización, la reducción de costes y emisiones de CO₂ eq y las mejoras con la utilización de las propuestas constructivas. Así mismo, se hace un análisis del conjunto, tipo de edificios, condiciones y estado, pérdida de energía, necesidades en cuanto a climatización y entorno climático.

Los análisis y resultados de la rehabilitación de la piel de los edificios tipo con las soluciones constructivas propuestas, se proponen como herramienta para análisis futuros sobre el impacto y necesidad de la rehabilitación como opción si bien se analiza el caso específico de los edificios tipo del barrio de Montbau en Barcelona, España, sobre el determinado ámbito económico actual, podría replicarse la metodología y análisis en el ámbito local o internacional para casos semejantes de cara al futuro del planeta.



1

introducción

1.1

Justificación e identificación de la problemática

El edificio, considerado como aquella construcción dedicada a albergar distintas actividades humanas –“construcción hecha con materiales resistentes, para habitación humana” (RAE) - es un consumidor de recursos materiales y un gran intercambiador de energía. Desde el proceso de su construcción y posterior utilización, se hará uso e intercambio de energías, hasta finalmente y en algunos casos, la utilización de estas para su deconstrucción.

Las construcciones y -las viviendas en particular-, son un bien de consumo como cualquier otro (coches, ordenadores, etc), - se pueden adquirir, vender, heredar, oscilan sus precios en los mercados-, sin embargo, su permanencia en el tiempo será de años e incluso siglos, asunto que les otorgarán una característica diferente.

Tradicionalmente los edificios se construían para dar respuesta a unas condiciones ambientales y de entorno que variaban según las zonas y los climas. La arquitectura tradicional era respetuosa de su ámbito y en su construcción se tenían en cuenta estas particularidades para, a través de la utilización de una epidermis transparente u opaca, sacar provecho o protegerse de las condiciones exteriores.

A principios del siglo XX en Europa y sobre todo en los Estados Unidos, la modernidad y el proceso de industrialización propone en la construcción el uso de nuevos materiales como el acero y el vidrio, los cuales conllevan una transformación de la arquitectura y el diseño de la piel de los edificios a través de la reducción de la masa y el aumento de las superficies transparentes. Este cambio de materiales hará necesario la utilización de fuentes de energía inicialmente de bajo costo, como el petróleo, que permitieran un grado de confort y mayor habitabilidad. La piel podría ser de cualquier material o tener cualquier solución constructiva, pues la regulación de la temperatura se producía por medios que consumían energía ya fuera para la calentar o refrigerar.

Las condiciones sociales y económicas mundiales para la mitad del siglo XX varían de manera drástica. El crecimiento de las ciudades, la explotación desmesurada de los recursos naturales no renovables, las crisis de los patrones económicos, entre otros factores, se evidencian en las necesidades y carencias de las grandes ciudades. Para los años setenta se produce un encarecimiento de energía y se anuncia la crisis del petróleo, el mundo gira en torno a la búsqueda de recursos energéticos alternativos.



Foto 1.1. Apartamentos Lake Shore Drive, Chicago, Illinois. 1951. Mies van der Rohe (Fuente: Mies Van der Rohe. (1982) *Mies Van der Rohe: Estudio paperback*. Ed. Gustavo Gili).

Estados Unidos, Francia, Unión Soviética apuestan por las centrales nucleares, los países industrializados que no disponen de recursos energéticos buscan un ahorro en el consumo de energía en los diversos ámbitos; industria, transporte y vivienda. Las normativas estarán entonces dirigidas a lograr este ahorro que influye en la manera de construir y de vivir en las ciudades.

En España se redacta la primera normativa sobre ahorro energético NBE-CT-79-, para finales de los años setenta, como respuesta a la crisis. Para entonces, la mayor parte de los edificios construidos en las décadas anteriores y sobre todo, en los años cincuenta y sesenta- no considerados como patrimonio histórico- no cumplen con unos requisitos mínimos de "sostenibilidad"; evitar la pérdida de energía a través de su epidermis por el tipo de soluciones que se utilizaron en su construcción.

Las condiciones ambientales interiores, dependerán de los distintos flujos de calor que se establecen a través de los diversos cerramientos que componen un edificio. Esta envolvente y cómo está constituido su interior influyen sobre las condiciones climáticas y las necesidades de confort.

La piel de un edificio estará definida por sus cerramientos opacos como cubiertas, suelos, muros y orificios -que a la vez estarán constituidos por elementos como carpintería, cristalería y persianas-, los cuales separan los recintos habitables del medio exterior. El máximo confort, con un mínimo consumo de energía, se conseguirá en función de la resistencia térmica- característica de los materiales- de los diversos cerramientos que componen esta piel.

Esta tesis, propone el análisis y estudio de las envolventes existentes en el caso particular de los edificios construidos antes de la expedición de la Normativa sobre ahorro energético NBE-CT-79 y como la mejora de estas influirán en el confort interno. El objetivo es proponer la rehabilitación energética de los edificios para que sean más eficientes y sostenibles, utilizando recursos informáticos que permitan estudiar este comportamiento. Las modificaciones en la piel del edificio reducirían, a la vez que el consumo de energía, el gasto económico que estas representan y las emisiones de CO₂ eq, aportando de manera integral a la regulación del medio ambiente. Se hará así mismo, un estudio de la manera cómo influyen las tipologías edificatorias en el confort interno y cuál es el plazo de optimización de la mejora de la envolvente en función del tiempo.

La construcción en España fue un factor fundamental en la economía de los últimos años (1997-2007) por la generación de puestos

de trabajo ya fueran directos o indirectos, - mano de obra para la ejecución de un edificio, los asociados con la producción industrial de sus componentes- o los indirectos, aquellos vinculados a su dotación, como mobiliario, equipos domésticos, coches, etc.

Este sector tuvo un crecimiento desmesurado con un incremento anormal de los precios muy por encima del IPC y de las rentas; la especulación con el suelo edificable, la sobre construcción, los beneficios fiscales concedidos a la adquisición de viviendas, la inmigración, la especulación y la recalificación de suelos, así como el exceso de crédito alimentado por los préstamos bancarios fáciles. En estos años, España erigió más edificios de los que requería para su población, según las estadísticas, entre 1999 y 2001, se había iniciado la construcción de más de medio millón de viviendas por año. Entre los años 2000 y 2005 se proyectaron aproximadamente 800 000 viviendas anuales, de las cuales se construyeron aproximadamente 300 000 por año. Según los visados expedidos por el Colegio de Arquitectos, durante el año de 2003 se proyectaron 700 000 viviendas, en 2004 aproximadamente 500 000, y en 2005, alrededor de 800 000. En 2006 se visaron más de 800 000 viviendas. Este mercado inmobiliario sin regulación, llevó finalmente al estallido de la burbuja financiera que precipitó una grave crisis que costará años reparar. Es necesario entonces, una reconversión de la construcción apostando por la rehabilitación como motor de cambio. El modelo basado en la obra nueva ha pasado a la historia.

1.2

Sostenibilidad y envolvente

Antecedentes ambientales

El impacto ambiental de la vida humana sobre el planeta es un tema que preocupa desde hace mucho tiempo, pero no fue sino hasta finales de los años 60 del siglo XX que la sociedad mundial empezó a cuestionarse la necesidad de la conservación de los recursos naturales no renovables, la biodiversidad y la protección ambiental. A partir de esta década se proponen y se llevan a cabo las primeras cumbres mundiales sobre medioambiente.

En 1972 el Club de Roma, una organización privada compuesta por científicos, empresarios y políticos, encargó a un grupo de investigadores del MIT la realización de un estudio sobre las tendencias y los problemas económicos que amenazaban a la sociedad global.

La conclusión del informe fue que si el incremento de la población mundial, la industrialización, la contaminación, la producción de alimentos y la explotación de los recursos naturales se mantenía sin variación, rebasaría los límites absolutos en un lapso de cien años. Este informe titulado “Los Límites del Crecimiento” alertó sobre las limitaciones del planeta ante las dinámicas de un crecimiento exponencial (población y producto per cápita) y su insostenibilidad. Habría que buscar nuevos caminos de desarrollo sostenible¹.

1 El Club de Roma. En: <http://www.clubofrome.org/?p=4781>.

Para los mismos años se realizó en Estocolmo, Suecia, la Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Humano, primera conferencia de esta organización sobre el estado mundial del medio ambiente. Se acordó una Declaración con 26 principios y un plan de acción con 106 recomendaciones. A partir de esta conferencia, la Comunidad Europea (después Unión Europea), creó la primera Directriz sobre Protección del Medio Ambiente y los Consumidores (1973) y compuso el primer Programa de Acción Ambiental. Ocho años más tarde, 1980 - La UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza), la organización ambiental más antigua del mundo, colabora con la UNESCO para la publicación de una Estrategia Mundial para la Conservación («World Conservation Strategy»), donde se anuncian las ambiciones de la UICN – la conservación de los recursos naturales, flora y fauna- y la necesidad de entablar un diálogo eficaz con los promotores del desarrollo humano².

2 Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Humano. En: <http://www.dipublico.com.ar/conferencias-diplomaticas-naciones-unidas/conferencia-de-las-naciones-unidas-sobre-el-medio-humano-estocolmo-5-a-16-de-junio-de-1972>.

En 1987 el “Informe Brundland” (Our Common Future), enfrenta y contrasta la postura de desarrollo económico frente a la sostenibilidad ambiental. Se utilizó por primera vez el término “desarrollo sostenible”: “aquel que garantiza las necesidades del presente sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”³. Será en 1992 en la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro cuando la definición de desarrollo sostenible se integra a la perspectiva del progreso económico, la justicia social y la preservación del medio ambiente y se aprueban tres grandes acuerdos para promover el desarrollo sostenible, un conjunto de principios en los que se definían los derechos civiles y obligaciones de los Estados y una Declaración de principios relativos a la conservación de los bosques⁴. En 1994, se redacta la “Carta de las Ciudades Europeas hacia la Sostenibilidad”, donde los municipios firmantes se comprometen a adecuar sus políticas a las directrices del desarrollo sostenible. Las ciudades serán el eslabón básico y primordial para abordar los problemas de medioambiente⁵. En 1997, se lleva a cabo la “Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático”, “Protocolo de Kioto”, cuyo objetivo principal era: “Lograr la estabilización de las

3 Resumen informe Bruntland. En: <http://www.oarsoaldea.net/agenda21/files/Nuestro%20futuro%20comun.pdf>.

4 Resumen Cumbre para la tierra, Río de Janeiro 1992: En: <http://www.un.org/spanish/conferences/cumbre&5.html>.

5 Carta de las ciudades europeas hacia la sostenibilidad. (La Carta de Aalborg). En : http://www.laciudadviva.org/opencms/opencms/foro/documentos/fichas/Familias_de_documentos/Conferencia_Internacional_de_Sevilla-Enero_2008/Articulos/Ciudades_europeas_por_la_sostenibilidad-Carta_de_Aalborg-1994.html.

6 Protocolo de Kioto. En : <http://www.un.org/es/climatechange/kyoto.html>.

7 Cumbre mundial sobre desarrollo sostenible en Johannesburgo. En: http://www.un.org/spanish/esa/sustdev/WSSDsp_PD.html.

8 Cumbre sobre el cambio climático de Bali, 2007. En: <http://www.un.org/es/climatechange/negotiations.shtml>.

9 Conferencia de Copenhague, 2009. En : <http://www.cctv.com/espanol/special/copenhague/01/index.shtml>.

10 Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible, 2012. En: <http://www.un.org/es/sustainablefuture/about.shtml>.

concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático y en un plazo⁶ suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurando que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitiendo que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible”. En este protocolo se establecieron metas obligatorias para los países industrializados en relación con las emisiones de CO₂ y la necesidad de establecer mecanismos para ayudar a estos países a cumplir sus metas. En el 2002, se lleva a cabo la Cumbre Mundial sobre el desarrollo sostenible en Johannesburgo (Sudáfrica), cuyos temas serían el desequilibrio social, la pobreza, el deterioro acelerado del medio ambiente y el impacto de la globalización de los mercados, entre otros⁷. En 2007, se redefine el Protocolo de Kioto para adecuarlo a las nuevas necesidades respecto del cambio climático y se abordan nuevamente los cuatro pilares fundamentales del fortalecimiento de la respuesta mundial al cambio climático: mitigación, adaptación, tecnología y financiación⁸. En 2009, en la Cumbre sobre el cambio Climático de Copenhague, 114 países suscriben los Acuerdos que establecen la importancia de la reducción de las emisiones, tanto en los países desarrollados, como en los países en vías de desarrollo, estableciendo mecanismos financieros para equilibrar los esfuerzos de los diversos países⁹. Finalmente en 2012, en la Cumbre Río+20 se plantea de nuevo y de manera más urgente y requiriendo el compromiso de los estados parte, la necesidad de construir economías ecológicas para lograr un desarrollo sostenible y la urgente necesidad de una coordinación internacional para lograr este fin¹⁰.

Ante el incremento de la población y el agotamiento de los recursos naturales no renovables, de la biodiversidad, la tala indiscriminada de bosques y la contaminación de recursos hídricos, la crisis expuesta en las diversas cumbres es inminente.

Desde las primeras alertas en cuanto a las consecuencias del crecimiento desmesurado de la población y el mal manejo de los recursos naturales, treinta y dos años más tarde es evidente el impacto en cuanto a medio ambiente -condiciones climáticas variables y extremas, sobrecalentamiento global, explotación y agotamiento de recursos- y crecimiento de la pobreza, entre otras.

Una de las razones para incumplir los acuerdos por parte de los estados, era el coste económico que acarrearían las diversas inversiones necesarias para revertir los procesos. La actual crisis económica española y mundial, nuevamente está siendo utilizada como excusa para no cumplir a cabalidad con los compromisos

adquiridos en las diferentes cumbres. Estos costes se están pagando y pagarán con creces en un futuro cercano. España, como miembro de la Unión Europea y adherido a los compromisos de la cumbre de Río, está obligada entre otras, a controlar las emisiones de CO₂, cumplir los pactos internacionales y preservar el medio ambiente. Uno de los primeros pasos a seguir para acercarse a los acuerdos y cumplir con las metas propuestas en la última cumbre, es la necesidad de reconversión de edificios para mitigar su impacto en el medio ambiente: reducir su consumo energético, sus emisiones de CO₂ y hacerlos más habitables garantizando la sostenibilidad a futuro.

La Directiva 2006/32/CE sobre eficiencia en el uso final de la energía fija un mínimo orientativo de ahorro de energía de un 9% en el 2016 para los diversos estados miembro. Por otra parte, el Consejo Europeo de 17 de junio de 2010 fijó como objetivo para el 2020 ahorrar un 20% del consumo de energía primaria por los diversos estados de la Unión. Como consecuencia de estas obligaciones, el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio de España, en colaboración con el IDAE, ha elaborado un plan de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020, para dar cuerpo a los compromisos exigidos desde Europa¹¹.

¹¹ Plan de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020. En: <http://www.idae.es/index.php/recategoria.1154/id.663/reلمenu.331/mod.pags/mem.detalle>.

Normativas y su evolución

Las normativas se dictarán sobre un entorno energético cambiante. La crisis del petróleo de la década de los 70, obliga a los gobiernos a tomar medidas para controlar el consumo de la energía. Todos los ámbitos productivos y la sociedad en general, quedarán afectados. En los países europeos, algunos sectores, como el industrial, se autorregulan para reducir costes y de esta manera mantener o aumentar los beneficios de las empresas. Otros sectores, como la construcción, obligarán a la generación de marcos reguladores para limitar el consumo durante el uso y explotación, consumo que lleva la mayor proporción del gasto energético del edificio.

Las leyes y normativas evolucionan de la misma manera en que la sociedad lo hace. Se ha pasado, con el paso de los años, de la preocupación individual a la conciencia global como sociedad. Así entonces, las primeras normas hacían énfasis en los temas de seguridad (NBE) y las actuales hacen énfasis en la sostenibilidad (CTE).

La Ley de Ordenación de la Edificación (LOE), junto con el Código Técnico de la Edificación (CTE), derogan las anteriores Normas Básicas de la Edificación (NBE), Normas Tecnológicas de la Edificación (NTE) y otras que aparecieron al amparo del real decreto 1650/1977, sobre Normativas de Edificación. Con la redacción de la Ley de Ordenación

de la Edificación en España, se pretendía crear un marco jurídico que ordenara la diversidad de disposiciones surgidas a lo largo de los años, en un único documento de trabajo.

Se hace necesario, en este punto, hacer un repaso sobre las diversas normativas que han aparecido y regulado a lo largo de los años la eficiencia energética de los edificios en España y la normativa autonómica de aplicación en Catalunya.

- NBE CT-79: Condiciones térmicas en los edificios

Esta normativa tenía por objeto establecer las condiciones térmicas exigidas a los edificios, así como los datos necesarios para su cumplimiento. La norma estaba dirigida a edificios de nueva planta. Establecía una transmisión global de calor a través del conjunto de cerramientos definida por el factor de forma del edificio y su K_g , relación entre el coeficiente de transmisión de calor de cada parte de cerramiento y la cantidad de superficie de este, con unos valores máximos establecidos por la norma. También una limitación a la transmisión de calor por cada elemento que componen el cerramiento K ($1/K = \sum e/\lambda + (1/h_i + 1/h_e)$) donde λ es coeficiente de conductividad térmica característica propia de cada material, $R_{si} = 1/h_i$ y $R_{se} = 1/h_e$ resistividad que opone un material a absorber o ceder energía. Otros objetivos de la normativa era establecer el comportamiento higrotérmico de los cerramientos y finalmente limitar la permeabilidad al aire de estos. Para cada uno de los conceptos anteriores y en función de la situación geográfica y el factor de forma, se establecía un límite sobre un valor máximo permitido.

Esta normativa estaría vigente a nivel estatal hasta el año 2006 y marcará un hito en la construcción al establecer unas condiciones específicas, que se tendrían que cumplir para reducir el consumo de energía y proporcionar el confort adecuado para sus ocupantes.

- NRE AT-87, Norma reglamentaria de edificación sobre aislamiento térmico, ámbito de aplicación en Catalunya

Esta normativa de aplicación en Catalunya, procuraba mejorar y subsanar las deficiencias detectadas en la ley NBE-CT-79. Todas las viviendas que componían un edificio debían asegurar un ahorro y un confort, asunto que corregía el desequilibrio de la Ley NBE-CT-79 que lo contemplaba de manera global, sin resaltar las particularidades y deficiencias en su aislamiento. Así mismo, se dictó la simplificación del mapa climático, la adecuación a la situación constructiva del país, exigiendo la homologación de materiales y carpinterías, y por último, se facilitaban los trámites en los documentos para cumplir con los requisitos exigidos.

- Código técnico de la edificación, DB-HE Ahorro de energía. HE-1: Limitación de la demanda energética

En el 2006 en el código se especificaron las exigencias básicas sobre las condiciones, donde los edificios debían disponer de una envolvente de características específicas que limitaran de manera adecuada la demanda energética necesaria para el bienestar térmico en función de las condiciones climáticas y sus variaciones.

Este documento supone un cambio en la manera de comprobar las acciones que se han de aplicar en los edificios para reducir su demanda energética, los diversos parámetros a seguir y las características que han de cumplir: Transmitancia térmica U, Transmitancia térmica media U_m y Factor solar modificado medio de aberturas y lucernarios F_m . En el código, así mismo, se describirán las características de los diversos parámetros para evitar humedades y finalmente, las características que han de cumplir las carpinterías para evitar infiltraciones de aire.

A través de esta medida reguladora y la puesta en marcha de sus especificaciones, se lograrán las medidas óptimas. Para su verificación se deben seguir opciones alternativas; una opción simplificada y otra general. La primera, utiliza unas hojas de cálculo estandarizadas y los parámetros a cumplir serán mucho más restrictivos. La opción general utiliza un programa informático LÍDER, que simula los flujos energéticos y los compara con un edificio tipo. La información resultante leída a través del programa CALENER permitirá la evaluación de las instalaciones de que disponen las viviendas y sus condiciones para la posterior certificación energética.

El objetivo del código está orientado a exigir se cumplan en las viviendas nuevas los parámetros que permitan un menor consumo de energía y la reducción de las emisiones de CO₂ eq asociadas.

A finales del 2013 se actualiza el DB HE, BOE 08/11/2013, mejorando partes del documento, aumentando las diversas exigencias establecidas. También, fusiona las herramientas de ayuda en un único programa e introduce la contribución solar mínima de agua caliente y energía fotovoltaica.

- RD 235/2013, de 13 de abril “Procedimiento básico para la Certificación de la eficiencia energética de los edificios”.

El objetivo principal de esta procedimiento, es el de poner a disposición de los compradores de viviendas o usuarios de los edificios, un certificado que permita valorar y comparar su eficiencia energética para favorecer la promoción de edificios de bajo consumo y las

inversiones en ahorro energético, con la reducción de emisiones de CO₂ eq. Deroga el RD 47/2007, certificado dedicado exclusivamente a edificios de nueva construcción y adapta a la reglamentación española, las exigencias relativas a la certificación de eficiencia energética de edificios contemplada en la Directiva 2013/31/UE del Parlamento Europeo.

La nueva certificación, amplía su ámbito de aplicación a todos los edificios, incluidos los existentes y fija la necesidad de disponer del certificado de eficiencia para los edificios o partes de estos en los contratos de compraventa o alquiler.

Hay que expedir un certificado para las unidades de un edificio (como viviendas) o para locales destinados a usos independientes o de diferente titularidad jurídica, situados en un mismo edificio. Se deberá disponer, como mínimo, de una certificación única de todo el edificio o la certificación de uno o varias viviendas o locales representativos de este, con las mismas características energéticas.

Para su aplicación, existen unos Documentos Reconocidos. Estos son los programas informáticos CE3 y CE3X además de la opción general los programas Líder y Cálener.

La envolvente del edificio

El edificio es una máquina que está inmersa en medio de la naturaleza con sus condicionantes térmicos, lumínicos, acústicos, etc. Estos, varían con el tiempo y normalmente no coinciden con las necesidades corporales del ser humano, que suelen ser relativamente constantes y estables. Para conseguir esta estabilidad, se debe actuar sobre la piel del edificio. El entorno es variable y se ha hecho necesario crear envolventes, -pieles que protejan de esta variabilidad-, dejando unos espacios internos donde se desarrollan las diversas actividades humanas.

Una buena actuación sobre la piel del edificio, ya sea construida o rehabilitada, representará una disminución de los consumos energéticos necesarios para lograr el confort deseado en el interior. Se desean unas condiciones ambientales interiores constantes. El edificio será corrector de su ambiente a través de sistemas pasivos, como el aislamiento, la utilización de la radiación, la luz, ventilación, etc. o incluso podrá convertirse en productor de su ambiente mediante sistemas activos, como placas solares o células fotovoltaicas, entre otros. El estudio pondrá énfasis en la utilización de los materiales de



Figura 1.1. Esquema condiciones ambientales internas y actuaciones de cómo mejorarlas. Reelaborado por el autor a partir de un esquema de Mario Cucinella en: <http://www.mcarchitects.it/sostenibilita> (acceso febrero 2014).

aislamiento- con su capacidad de modificar el ambiente interior- su adaptación a la forma del edificio y a la envolvente existente (Ver figura 1.1).

12 Banham, P.R. (1975).

El consumo se regula desde el diseño, aunque en las zonas con excedentes energéticos la producción directa de energía tiende a substituir al diseño adecuado. Peter Reyner Banham¹², lo expresa definiendo dos tipos de culturas que se diferencian por su actitud ante un árbol: unos construyen con él un muro aislante, los otros lo queman. Nuestra sociedad está fuertemente posicionada en esta segunda postura, pero las voces de alarma del planeta la están sensibilizando para que modifique su actitud y asuma sus responsabilidades de cambio.

Aquello que no se logra con estos recursos deberá buscarse mediante energía externa para su funcionamiento. La mayoría de esta energía proviene de recursos fósiles limitados o de centrales de producción como las nucleares, con un coste a futuro difícil de valorar, tanto económico como medioambiental (Chernobil o Fukushima). Hay que destacar que los últimos años se ha producido un gran avance en centrales fotovoltaicas y principalmente en centrales eólicas.

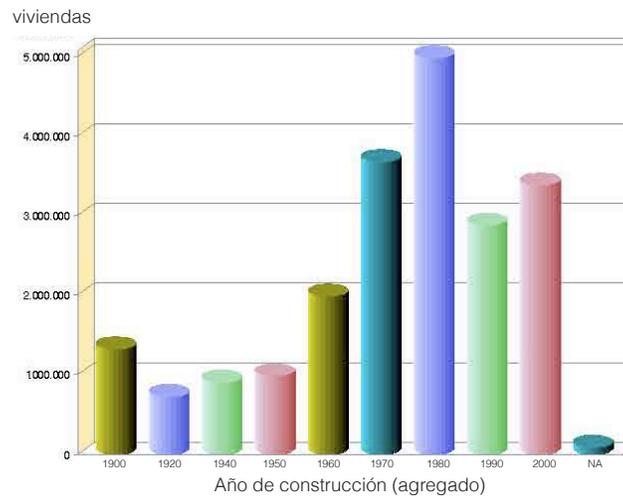
La rehabilitación

Para este Siglo XXI se cuentan en España 24.000.000 de viviendas, de las cuales unos 15 millones son anteriores al año 80 (INE , 2007). Más de la mitad de las viviendas del país no se han construido bajo alguna medida que evite el exceso de consumo de energía, ya que, en su momento, no existía legislación alguna o normativa que regulara su proceso constructivo, ni sugerencias para su mantenimiento y utilización. (Ver figura 1.2)

Como estrategia de mejora de los edificios, se propone la rehabilitación y específicamente la intervención en la piel de estos. La rehabilitación, es una acción continuada sobre una edificación existente, para adaptarla a las necesidades y condiciones actuales. Mejorar la piel, estabilizará las condiciones térmicas interiores y por lo tanto, las demandas de confort.

Es necesario rehabilitar, reconstruir y reutilizar. La ocupación sin medida del territorio debe tener un coto. La substitución de edificios por otros nuevos, tiene costes cada vez más elevados y difícilmente asumibles en los entornos económicamente degradados. Es imperante modificar el ciclo de vida de una edificación mediante la rehabilitación, darles

Figura 1.2. Número de viviendas construidos entre 1.900 y el año 2.000 en España. Fuente Instituto Nacional de Estadística. Censo de población y vivienda.



una nueva vida acorde con los nuevos tiempos, tanto normativos y ambientales, como de comodidad. (Ver figura 1.3)

Se dispone de los medios y la tecnología para poder llevar a cabo ésta rehabilitación, es importante demostrar la capacidad y el impacto que pueden representar estas actuaciones. La rehabilitación tiene otras facetas, como la mejora y optimización de las instalaciones o la inserción de sistemas activos, -como las células fotovoltaicas o paneles de agua caliente-, pero el presente documento estudia y analiza una parte de esa rehabilitación de los edificios, el tratamiento de su piel.

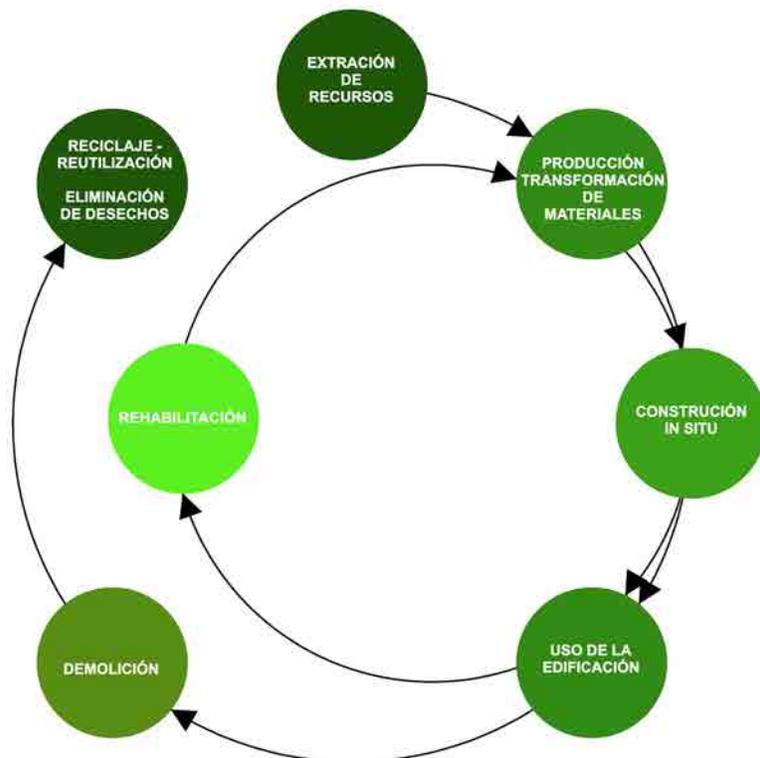


Figura 1.3 Ciclo de vida de una construcción. Reelaborado a partir de diversas figuras contenidas en: Gerardo Wadel. La sostenibilidad en la construcción industrializada. La construcción modular ligera aplicada a la vivienda. (2009) Tesis Doctoral.

Economía y consumo

El sector doméstico consume alrededor del 20 % de la energía del país, consumo que tiende a subir (IDAE, 2009) (Ver figura 1.4), ya que cada día la población demanda unas necesidades de confort cada vez más elevadas.

El mercado laboral de la construcción en España, está actualmente en reestructuración, el crecimiento económico basado en esta se ha truncado. El crecimiento demográfico de los últimos años en España se ha visto favorecido por los flujos migratorios, pero este crecimiento está en retroceso y la población cae por la salida de extranjeros¹³.

Rehabilitar un edificio de viviendas en función de los niveles de actuación (piel, carpintería, distribución interior, instalaciones), puede representar un ahorro energético y de contaminación, mucho mayor a aquel que implica la construcción de uno nuevo. La mayoría de los edificios actuales en España tienen unas condiciones estructurales sólidas, muchas veces con estructuras de hormigón similares a las que se construirían para su sustitución. Entre los años 50 a 80 se construyeron aproximadamente 10.600.000 viviendas, un parque considerable sobre el cual se debería comenzar a actuar (INE 2007).

Rehabilitar, significa no tener que derribar y representa entonces la posibilidad de ahorrar grandes costes, desde la contaminación acústica del derribo hasta el transporte de escombros, la energía consumida por las máquinas, los vertederos, el impacto ambiental para fabricar nuevos materiales, el transporte de éste, la puesta en obra, etc. La rehabilitación implicaría, entre otras, la reducción en el consumo de materiales y el impacto que tienen las edificaciones a nivel local.

Rehabilitar significa también actualizar, dar nueva vida a unos edificios y racionalizar su consumo energético. La rehabilitación propende por una renovación constructiva, energética, tipológica y programática. Lacaton & Vassal afirman al respecto: Se trata de no demoler jamás, no sustraer o reemplazar, se trata siempre de transformar, añadir y reutilizar¹⁴.

¹³ La población española cae por la fuerte salida de extranjeros. En: http://sociedad.elpais.com/sociedad/2013/06/25/actualidad/1372159628_306536.html.

¹⁴ Druot, F; Lacaton, A, Vassal, J. (2007) Plus : La Vivienda Colectiva, Territorio De Excepción = Les Grands Ensembles De Logements, Territoire d'Exception, Large-Scale Housing Developments, an Exceptional Case. Barcelona: Gili. Il s'agit de ne jamais demolir, ne jamais retrancher ou remplacer, toujours ajouter, transformer et utiliser.

Figura 1.4. Participación de los diversos sectores en el consumo de la energía en España. Fuente IDEA 2009.

Consumo Doméstico		
SECTOR	CONSUMO	TENDENCIA
Industria	31%	Bajar
Transporte	36%	Subir
Doméstico	20%	Subir
Terciario	8%	Bajar
Agricultura	5%	Estable

1.3

Objetivos

Objetivo principal

El objetivo principal de esta investigación es el de comprobar la efectividad medioambiental resultante de las mejoras en la envolvente de los edificios de viviendas anteriores a la aparición de normativas de eficiencia energética en España.

Como objeto de estudio, se hace énfasis en la aplicación de estas mejoras en el barrio de Montbau de Barcelona, en 4 edificios tipológicamente distintos y representativos de este conjunto. Los resultados obtenidos como valores estimativos serán replicables a la ciudad, comunidad autónoma y al país.

Objetivos complementarios

En este trabajo, se realiza un análisis de las tipologías edificatorias de los edificios actuales, su consumo de energía, la orientación del edificio, su situación climática, los consumos y emisiones. Sobre el estudio, se clasificaron aquellas que ofrecen un confort adecuado sobre condiciones particulares.

Se proponen, sobre el análisis, una serie de criterios de actuación para rehabilitar de manera eficiente los edificios de viviendas, cuantificando medioambientalmente aquello que la reforma representa en cuanto a energía, emisiones de CO₂ eq y coste económico.

Los criterios dependerán del análisis del grado de aislamiento y grosor necesarios y el tiempo en el cual éste se puede optimizar. Para hacer el estudio se ha previsto la cuantificación de resultados a través de la utilización de un material específico con características estándares de transmisión energética y así mismo, el análisis del comportamiento de las soluciones constructivas utilizadas.

Se analizarán los costes económicos, energéticos y ambientales de la rehabilitación de la envolvente de estos edificios de vivienda, suponiendo las mejoras propuestas (estandarizadas). Se proponen soluciones patrón teniendo en cuenta que cada edificio, en función de sus características, requeriría de actuaciones específicas que varían según las necesidades constructivas y estéticas de los edificios.

Los estudios ofrecerán los resultados de la rehabilitación propuesta, en cuanto a la obtención de beneficios y sus costes a largo y mediano



Foto 1.2. Bloque A, tipología de viviendas en dúplex, 2010.



Foto 1.3. Bloque EF, tipología de bloque lineal con dos viviendas por planta, 2010.

plazo, su equilibrio y mejora frente al consumo de energía, emisiones de CO₂ y el gasto económico de las viviendas analizadas.

Se estableció una metodología de trabajo; inicialmente se obtuvo la información de los edificios y su zona mediante visitas a los promotores de las viviendas y Patronato de la Vivienda de Barcelona, se realizaron inspecciones insitu de los edificios y se verificó que sus sistemas constructivos coincidieran con los proyectados. Posteriormente, se analizaron los edificios mediante el programa informático Desingbuilder y a partir de los resultados se establecieron las posibilidades de intervención.

1.4

Estructuración de la tesis

Esta Tesis Doctoral se estructuró en 8 capítulos. En este inicial, se establecen los objetivos principales y complementarios del estudio, se identifica y justifica la problemática del tema, se identifican los antecedentes ambientales de las normativas actuales con su evolución, se justifica la necesidad de la actuación sobre la envolvente del edificio y aquello que significa su rehabilitación para la economía y el consumo de energía. Finalmente, se revisarán una serie de actuaciones tanto a nivel local, como en el ámbito europeo.

En el Capítulo 2 se expone, sobre los objetivos, una metodología de trabajo. En él se justifica el ámbito de investigación y se describe el proceso de trabajo de campo realizado para obtener los datos necesarios y las posteriores fases de diagnóstico y estrategias de actuación.

El Capítulo 3, corresponde al análisis. Se definirá el ámbito de investigación – el caso los polígonos de vivienda de los años 60 a 80 en Barcelona, concretamente el barrio de Montbau-. Se identificarán los diversos edificios, sus tipologías edificatorias, la forma en la cual están construidos y se evidenciarán sus carencias constructivas.

El capítulo 4, se realizará una diagnosis de los edificios tipo seleccionados. Mediante el software DesingBuilder, se analiza el estado de los edificios evaluando la demanda actual de energía, emisiones de CO₂ eq y gasto económico. Se realizará una comparación de los edificios tipo seleccionados situándolos en dos climas distintos: Madrid y Gerona. Finalmente se hará una descripción de los déficits detectados.



Foto 1.4 Bloque Q, tipología de torre con cuatro viviendas por planta, 2010.



Foto 1.5. Bloque UNI14, viviendas unifamiliares adosadas, 2010.

En el capítulo 5, se cuantifica la energía consumida, las emisiones de CO₂ eq y el coste económico en función de los diversos grosores de aislamiento y con un cambio de las carpinterías y sus correspondientes acristalamientos.

En el capítulo 6, se proponen las mejoras constructivas en función de dos propuestas constructivas tipo y se evalúa su incorporación a los edificios tipo. Posteriormente, se cuantificará su coste energético, de emisiones de CO₂ eq y el coste económico que representa la rehabilitación.

En el capítulo 7, se pretende analizar los diversos edificios sin rehabilitar y las consecuencias posteriores a su rehabilitación en un periodo de 50 años, para establecer el punto óptimo con las mejoras frente al consumo energético, emisiones de CO₂ eq y costes. Los valores obtenidos se extenderán al resto de edificios de Montbau para disponer de una visión global del barrio.

Finalmente, en el capítulo 6, se reflejarán las conclusiones de las mejoras de la envolvente y cómo estas influyen en la reducción del consumo de energía, las emisiones de CO₂eq y el coste económico. El capítulo finaliza con un conjunto de propuestas para futuras líneas de investigación.

1.5

Actuaciones en nuestro entorno

Actuaciones a nivel europeo

Europa es un continente que reúne en sus países una historia construida a lo largo de los siglos. En el caso de intervención en edificios catalogados como Monumento por sus valores históricos y constructivos, la rehabilitación tendrá que ser una intervención respetuosa que permita el rescate de sus anteriores particularidades y ofrezca mejores condiciones de habitabilidad acorde con los tiempos actuales. En cuanto a los edificios, principalmente viviendas, edificados durante los años 60 a 80 del siglo XX y no catalogados como bien de interés cultural o monumento, es posible una rehabilitación para mejorar las condiciones de habitabilidad sin las limitaciones propias de un bien declarado como patrimonio histórico.

Actualmente se han realizado intervenciones para la recuperación e intervención de edificios y barrios en diferentes países europeos como

Suecia, Italia, Austria, Alemania y Francia, entre otros. En la mayoría, se ha seguido como criterio fundamental un vector de eficiencia energética, unido a movilidad, gestión de residuos, materiales de construcción y vegetación, niveles de ahorro de CO₂ eq, para lograr un criterio global de posibles intervenciones y resultados a posteriori. Algunas de las actuaciones contemplan la necesidad de realizar estudios sociológicos (tipo de población, edades, trabajos, estudio, nivel económico, etc.) para, sobre estas condiciones, enfocar los esfuerzos de gestión y coordinación de los proyectos.

Así entonces en Suecia, en la ciudad de Malmö, para el año de 1998, se planteó la necesidad de intervenir uno de los barrios recientes, Augustenborg - construido a finales de la década de los años cuarenta- que acusaba deterioro progresivo grave generado tras la eliminación de la industria pesada tradicional y el subsiguiente desempleo.

El barrio cuya población no superaba los tres mil habitantes, requería de una intervención integral. El proyecto propuso la rehabilitación y recuperación de las condiciones ambientales; espacios públicos, vías y movilidad y se involucró a sus residentes a través de talleres participativos y acciones específicas para su puesta en marcha y para lograr un sentido de apropiación. Se experimentó pues, con un “coche compartido eléctrico” que los vecinos podrían utilizar y devolver. Se realizó una gran gestión con los residuos del barrio llegando a reciclar el 50% de estos. Por otra parte se iniciaron una serie de actuaciones en los edificios, como mejoras en el aislamiento de las fachadas, instalación de paneles solares térmicos y fotovoltaicos, utilización de energía geotérmica en las zonas deportivas y la renovación de las áreas verdes e incremento de la vegetación en las cubiertas. El proyecto, hoy en día, sigue adelante con resultados muy favorables¹⁵.

¹⁵ Malmö: Ekostaden Augustenborg.
En: <<http://www.eaue.de/winuwd/189.htm>>.

En Torino, Italia, dentro del programa “Regeneración urbana y desarrollo”, se inició en el 2001 un proyecto de intervención en los barrios periféricos, construidos durante el auge de la industrialización desde finales del siglo XIX hasta mediados de los años sesenta. La crisis económica de finales del siglo XX generó drásticos cambios en estos barrios. La regeneración contemplaba el ámbito técnico -urbanismo, proyectos de renovación, infraestructuras-, ámbito económico y social -contacto con los vecinos, análisis sociológico de los barrios, realización de talleres de participación- y cultural. En el barrio Arquata, levantado en 1920, se intervino en los espacios públicos, vías, infraestructura y en cuanto a las edificaciones, ya deterioradas por el abandono, se rehabilitaron a través de medidas de eficiencia - aislamiento de cubiertas, reducción de puentes térmicos,



Foto 1.6 Propuesta habitación antes de la rehabilitación. (Fuente: Druot, F; Lacaton, A, Vassal,J.(2007) Plus : La Vivienda Colectiva, Territorio De Excepción = Les Grands Ensembles De Logements, Territoire d'Exception, Large-Scale Housing Developments, an Exceptional Case. Barcelona: Gili. Il s'agit de ne jamais demolir, ne jamais retrancher ou remplacer, toujours ajouter , transformer et utilitser).



Foto 1.7 Propuesta habitación después de la rehabilitación. (Fuente: Druot, F; Lacaton, A, Vassal,J.(2007) Plus : La Vivienda Colectiva, Territorio De Excepción = Les Grands Ensembles De Logements, Territoire d'Exception, Large-Scale Housing Developments, an Exceptional Case. Barcelona: Gili. Il s'agit de ne jamais demolir, ne jamais retrancher ou remplacer, toujours ajouter , transformer et utilitser).



Foto 1.8 Trignac, barrio de Certé, Francia. Estado actual. (Fuente: Druot, F; Lacaton, A, Vassal,J.(2007) Plus : La Vivienda Colectiva, Territorio De Excepción = Les Grands Ensembles De Logements, Territoire d'Exception, Large-Scale Housing Developments, an Exceptional Case. Barcelona: Gili. Il s'agit de ne jamais demolir, ne jamais retrancher ou remplacer, toujours ajouter , transformer et utilitser).



Foto 1.9 Trignac, barrio de Certé, Francia. Propuesta de actuación. (Fuente: Druot, F; Lacaton, A, Vassal,J.(2007) Plus : La Vivienda Colectiva, Territorio De Excepción = Les Grands Ensembles De Logements, Territoire d'Exception, Large-Scale Housing Developments, an Exceptional Case. Barcelona: Gili. Il s'agit de ne jamais demolir, ne jamais retrancher ou remplacer, toujours ajouter , transformer et utilitser).

nuevas ventanas de baja emisividad y protecciones solares-. Así mismo, se construyó una planta de cogeneración de gas natural para calentar los edificios y producir energía eléctrica. Las actuaciones redujeron las emisiones de CO₂ (1997), en un 52 % por año¹⁶.

Así, en cuanto a la recuperación de edificios, en Winarskyhof, Viena, entre 2005 y 2008 se inició la rehabilitación de un grupo de edificios construidos en 1924. Ciento veintisiete viviendas (7.200 m²) fueron intervenidas sustituyendo sus ventanas y puertas por unas nuevas de baja transmitancia, así mismo se les hizo aislamiento de fachadas y

¹⁶ Projecte Arquata a Torino. En: <<http://www.polycity.net/es/arquata-torino.html>>. Rehabilitación Winarskyhof. . 2009 Available from: <http://www.gsd.at/Home/Referenzprojekte/Aktuelle_Projekte/Winarsky_Hof/index.php>.

17 Winarskyhof.Rehabilitación.
En:<http://www.gsd.at/Home/Referenzprojekte/Aktuelle_Projekte/Winarsky_Hof/index.php>.

balcones, se renovaron las redes de agua y electricidad, se instalaron ascensores y se rediseñaron sus patios y parques. En la rehabilitación se construyeron 76 nuevos apartamentos en sustitución de la buhardilla, asunto que permitió financiar parte del proyecto¹⁷.

En Francia, los arquitectos Frédéric Druot , Anne Lacaton & Jean-Philippe Vassal, propusieron estrategias de actuación en las “Banlieue”, los barrios periféricos de las grandes ciudades francesas con mala reputación.

El estado francés, quiso derribarlos para sustituirlos por conjuntos con pequeñas casas de dos plantas. La propuesta de estos arquitectos en su estudio, fue la de revalorizar estos barrios y recalificarlos a partir de abrir las viviendas hacia el exterior para aumentar la entrada de la luz y la energía del sol, aumentar las superficies y crear grandes terrazas con invernaderos para el control de la energía. Reinterpretando los edificios en altura y sus grandes virtudes, se permitiría la concentración de servicios y la optimización de la ocupación del territorio. El proyecto proponía potenciar los espacios comunitarios y de relación de los edificios con zonas de baño, salas comunitarias, restaurantes, espacios de juego para los niños, entre otros. Una renovación constructiva, tipológica y de programa global sobre los edificios residenciales¹⁸.

18 Druot, F; Lacaton, A, Vassal,J.(2007).

Este estudio enfocado hacia la importancia de rehabilitación de los edificios, conjuntos y barrios y las ventajas de sus costes a futuro, frente a la acción de demoler y construir de nuevo, se evidenció a través de la rehabilitación de uno de los edificios en el Boulevard du Bois le Petre, cuyos cambios demostraron las ventajas y viabilidad de una rehabilitación de este tipo.

Actuaciones a nivel estatal y local

El interés por la rehabilitación se ha incrementado en España como consecuencia del hundimiento del sector de la construcción. Pero desde hace bastante tiempo existen grupos que han trabajado con rigurosidad y constancia estos temas en el país.

En Zaragoza, el equipo del Servicio de Rehabilitación de la vivienda del Ayuntamiento está llevando un trabajo muy riguroso. Actúan en varios niveles, no sólo el edificio y el entorno, sino también realizando un gran trabajo social, ya que la mayoría de habitantes son gente humilde y de escasos recursos económicos. Procuran actuar desde la urbanización y el planeamiento, mejorando el déficit de espacios comunitarios, equipamientos, etc.

19 Zaragoza Vivienda. Rehabilitación Urbana y Residencial. En: <http://www.zaragozavivienda.es>.

Primero realizan un diagnóstico en los edificios y después, según los resultados, actúan sobre la accesibilidad, las cubiertas, humedades, aislamientos, carpinterías, climatización, etc¹⁹.

20 Luxán M. de, Vázquez. M, Gómez. G, Román. E y Barbero. M (2009).

En Madrid, un equipo de la Universidad Politécnica, encabezado por Margarita de Luxán, realizó un estudio para la “Empresa Municipal de la Vivienda” analizando los edificios del centro de la ciudad, sus características físicas: sombras, sistemas de ventilación y posibles mejoras a realizar. Se ha generado sobre este, un documento de apoyo dirigido a arquitectos y aparejadores para la rehabilitación de estos barrios²⁰.

21 Solanas, A. (2007).

Margarita de Luxán y Gloria Gómez, rehabilitaron un edificio de viviendas en San Cristóbal de los Ángeles, en Madrid, donde se reorientaron las ventanas del edificio para mejorar la captación solar, se aislaron las fachadas y cubierta, se creó un sistema de ventilación (calentando y enfriando el aire) y se mejoraron las instalaciones interiores. El edificio se dio al uso con condiciones óptimas de confort para sus habitantes²¹.

22 Projectes De Recerca i Rehabilitació. En: <http://www.adigsa.cat>.

En Cataluña ADIGSA, se han intervenido ciertos edificios del barrio de Verdum, el de la Trinidad el Barcelona, y en las ciudades de Terrassa y Planoles, mejorando la accesibilidad, la carpintería y el aislamiento, entre otros. Para la intervención se hizo inicialmente un diagnóstico del estado del edificio y de las áreas a intervenir con una simulación de los ahorros energéticos²².

2

Metodologia

2.1

Introducción

Esta tesis propone realizar un estudio en los edificios del barrio de Montbau en Barcelona, que permita analizar la eficacia de modificar la piel de los edificios existentes, atendiendo a criterios energéticos, económicos y ambientales -emisiones de CO₂ eq-. El análisis de la piel y sus resultados, lleva a una propuesta viable que hará los edificios sostenibles, habitables y con las condiciones de confort adecuadas.

Se analiza la piel del edificio por ser la parte más expuesta a las condiciones climáticas exteriores y la que condicionará la demanda de energía interna y las condiciones óptimas de confort. Por consiguiente se hará un análisis de la situación en la que se encuentra la envolvente y las demandas energéticas, económicas y de emisiones de CO₂ eq que tienen en la actualidad mediante cálculos y herramientas informáticas que posteriormente se evaluarán mediante hojas de cálculo elaboradas para el estudio.

Una vez conocidas las demandas y la situación en la que se encuentra ésta envolvente, el estudio propondrá soluciones que mejoren estas condiciones interiores, actuando sobre la piel. Se sabrá entonces, qué mejoras o beneficios se obtendrán, cuáles inversiones se deben realizar y cuáles serán los beneficios que se obtendrán a futuro, en función de la modificación realizada.

El barrio de Montbau, en su mayoría construido en los años sesenta y setenta, -no catalogados como bien de interés patrimonial-, está constituido por 30 edificios de diversas características agrupados en cuatro tipologías arquitectónicas: Edificios tipo dúplex, bloque lineal, torre y edificios unifamiliares. Para hacer el análisis se seleccionaron 4 edificios tipo: edificio A dúplex, edificio E/F bloque lineal, edificio Q torre y edificio unifamiliar 14 (viviendas adosadas).

2.2

Fases del proceso

El proceso de investigación está estructurado según el esquema siguiente: Análisis, Diagnóstico, Estrategias de actuación y Conclusiones.

Cada fase tendrá un esquema explicativo en el capítulo en el cual se desarrolla su contenido.



Figura 2.1. Esquema de análisis de los edificios de Montbau.

Análisis

El ámbito de investigación se ciñe a los polígonos de vivienda construidos con anterioridad a la aparición de la normativa NBE-CT79, que controla las condiciones térmicas interiores. Este periodo abarca aproximadamente de los años 50 hasta finales de los años 70 (ver figura 2.1).

Dentro del estudio se analizan de manera sucinta los polígonos de vivienda del área de Barcelona, su situación, densidad, posición en el territorio, etc, para enmarcar el estudio dentro de un contexto general en cuanto a las condiciones y particularidades del objeto de estudio.

Se seleccionó el barrio de Montbau enmarcado dentro del periodo mencionado por su variedad tipológica, constructiva y situación geográfica. Se estudia la forma y evolución del barrio, su tejido urbano residencial, la posición geográfica del conjunto, la posición de los edificios, el sistema de calles y parques, etc y se seleccionan, como objeto de estudio, 4 edificios que representan 4 maneras de hacer vivienda: Dúplex, bloque lineal, torre y vivienda unifamiliar adosada.

En primera instancia se realizó un trabajo de campo recabando toda la información gráfica y escrita sobre los diversos proyectos. En el archivo del "Patronat de l'Habitatge de Barcelona" se seleccionó la documentación existente sobre los diversos edificios: planos de proyecto, planos de obra, presupuestos y documentación escrita.

Sobre la documentación recopilada en el archivo se realizaron visitas de campo para comprobar y contrastar que los sistemas constructivos estructurales y de cerramiento coincidieran con los proyectos iniciales para establecer las variaciones o modificaciones que hubieran sufrido a lo largo del tiempo.

Paralelamente se estudiaron las condiciones climáticas del lugar, su topografía, la influencia del entorno y las condiciones de arborización.

De cada uno de los 30 edificios se analizaron sus condiciones constructivas, distribución y condiciones de la piel del edificio. Así mismo, se realizaron fichas técnicas por cada edificio y un cuadro resumen del conjunto. Estas fichas se componen de plantas y secciones de los edificios, fotografías, una descripción de los sistemas constructivos utilizados y una evaluación de las diversas transmitancias de cada uno de los cerramientos que componen los edificios.

Finalmente, se realizó un estudio termográfico de los edificios tipo, para comprobar su comportamiento y sus condiciones. Mediante



Figura 2.2. Esquema de ficha de los edificios del Barrio de Montbau.



Figura 2.3. Esquema de diagnóstico de los edificios de Montbau.

una cámara termográfica se realizaron una serie representativa de fotografías de los cuatro edificios tipo. Estas fotografías reflejan las temperaturas de los diversos paramento y las pérdidas de energía que se producen entre el interior y el exterior por estos.

Diagnosis

Para realizar la diagnosis de los edificios y estudiar su comportamiento, se utilizó el programa DesingBuilder. Este se seleccionó tras analizar diversos programas existentes como Lider-Calener (normativo en España), Archisum (realizado por el departamento de construcciones arquitectónicas de la UPC), Ecotect y Trnsys. DesingBuilder utiliza como motor de cálculo interno el programa Energyplus. Este programa esta desarrollado por el Departamento de Energía de los Estados Unidos. Se escogió por la facilidad de entrada de datos de los edificios, su base de datos de materiales y de climas; y la fiabilidad y variedad de los resultados obtenidos. Con este programa se puede analizar el consumo de energía, y emisiones de CO2 eq, entre otros, según cómo esté construido un edificio y la variedad de sus instalaciones. Este programa permite estudiar el detalle, como el comportamiento de un elemento constructivo, hasta el comportamiento global de todo un edificio. (ver figura 2.3)

Aportando sus características físicas y arquitectónicas se modelizan los 4 edificios tipo con el programa. Se define así su envolvente, carpintería, infiltraciones de aire, sistemas de calefacción, producción de agua caliente, iluminación, etc. Mediante el programa DesingBuilder de simulación energética se hace una evaluación de la demanda actual de energía, emisiones de CO2 eq y gasto económico (poniendo precio a la energía, valores del año 2012) (Ver figura 2.4 Ejemplo de resultados de DesingBuilder). Se hace también un análisis variando la orientación (giro de 90°) que tienen actualmente estos edificios tipo, sobre los mismos parámetros para comparar los resultados obtenidos. Con estos resultados podemos extrapolar a todo el conjunto de edificaciones, obteniendo resultados globales de barrio.

Se realizaron las operaciones anteriores, sobre dos situaciones geográficas hipotéticas diferentes: Madrid y Gerona. Estas ciudades ofrecen climas más extremos que Barcelona; Madrid sufre un invierno frío y seco, la segunda un invierno frío y con una cantidad mayor de humedad. Este comparativo nos permitirá ver la influencia de los diversos tipos de cerramientos sobre el resultado global y poder comparar los resultados del comportamiento de un mismo edificio implantado en climas distintos.

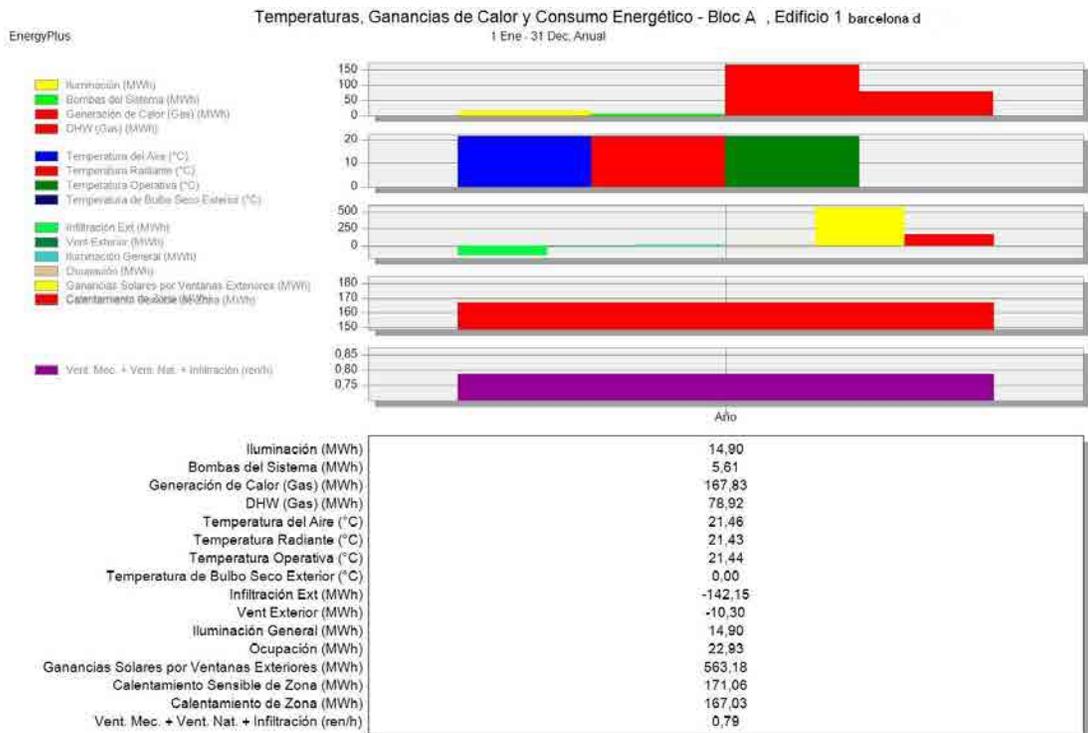


Figura 2.4. Ejemplo de resultados de DesingBuilder.

Finalmente, con los datos obtenidos, se puede determinar los déficits de cada uno de los edificios y a partir de su estudio, hacer las propuestas para las mejoras.

Estrategias de Actuación

A partir de los déficits detectados en los diversos cerramientos de los edificios, se establecerá una estrategia de actuación sobre la envolvente de estos. Sobre el análisis y sus resultados, se actúa modificando algunos de los elementos constructivos; el tipo de carpintería y de cristal y el grosor del aislamiento (7-10-15-40 cm). Se supondrá un aislamiento estándar – como única variable- con un valor promedio, para acotar la diversidad de resultados a través de los cuales se podrá comprobar el impacto de las modificaciones frente al consumo de energía y las emisiones de CO2 eq a la atmosfera. Así mismo, se podrá valorar la manera cómo las diferentes tipologías afectan a los resultados. Este estudio se realiza para las cuatro tipologías de edificios, situándolas en las tres localidades de referencia: Barcelona, Madrid y Gerona. Con los resultados parciales obtenidos de los diversos edificios podremos extender los valores de las diversas tipologías al conjunto del barrio de Montbau (Ver Figura 2.5



Figura 2.5. Esquema de estrategia de actuación, cuantificación según el grado de aislamiento propuesto.



Figura 2.6. Esquema de estrategias de actuación, mejoras constructivas.

Esquema de estrategia de actuación, cuantificación según el grado de aislamiento propuesto).

Partimos de limitaciones derivadas de actuar sobre edificios existentes. No se pretende llevar a cabo un proyecto de rehabilitación, sino evaluar el rendimiento y la idoneidad de la aplicación de estrategias y técnicas sencillas y de aplicación común. Se proponen entonces dos soluciones constructivas tipo. Solución Tipo 1: Superpuesta y cubierta invertida con acabado de grava. Solución Tipo 2: fachada y cubierta ventilada. Las carpinterías pueden ser de madera o aluminio.

Estas dos soluciones constructivas se aplicarán hipotéticamente sobre la piel de los cuatro edificios tipo de Montbau en Barcelona. Se valora el coste de construir las fachadas Tipo 1 y Tipo 2, sobre las ya existentes. Para este propósito se utiliza como valores de trabajo los obtenidos del Banco de precios de referencia de partidas de construcción y rehabilitación BEDEC PR/PCT del Institut de Tecnologia de la Construció de Catalunya 2012. Del valor del trabajo obtenido se extraerán el coste energético por kWh/m², las emisiones de CO₂ eq/m² y su coste económico €/m² en función del grosor de aislamiento y el tipo de carpintería utilizados en los dos tipos de solución. (Ver figura 2.6 Esquema de estrategias de actuación, mejoras constructivas)



Figura 2.7. Esquema de estrategias de actuación, optimización punto de equilibrio.

Con los datos anteriores y las soluciones constructivas Tipo 1 y 2, con el grosor de aislamiento variable; tipo de carpintería con el coste energético, económico y de emisiones de CO₂ que representa la mejora de la fachada, se proyecta el análisis a 50 años, y se evidencian los resultados frente a aquello que representaría en cuanto a consumo energético y reducción de Kg CO₂ eq. Para completar este análisis se contemplan tres escenarios de incremento del precio de la energía; un incremento anual del 3%, del 6% y del 10%. Con los resultados obtenidos se analiza cual sería la propuesta optima, para ello se establece un cruce de valores entre las emisiones de CO₂ eq, el coste económico con el correspondiente incremento anual en tres momentos clave –al inicio de la rehabilitación, a corto plazo los 25 años y plazo normal a los 50 años

Estos resultados de los edificios tipo se extrapolarán a todo el conjunto del barrio, para valorar así las actuaciones a nivel global de este. Finalmente, se podrían obtener unos valores estimativos por m² de edificio que nos harían ver lo que representaría la mejora de la envolvente de los edificios a nivel global –barrio, comunidad autónoma o a nivel de estado- (Ver figura 2.7 Esquema de estrategias de actuación, optimización punto de equilibrio).

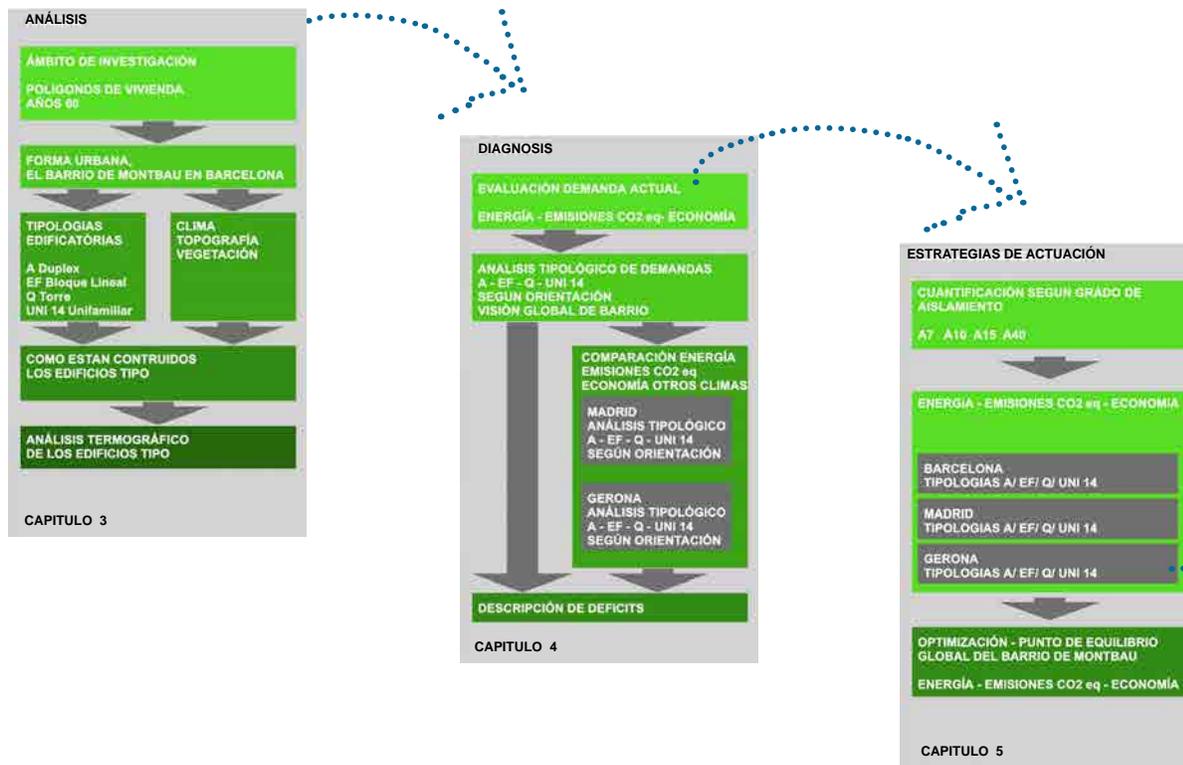
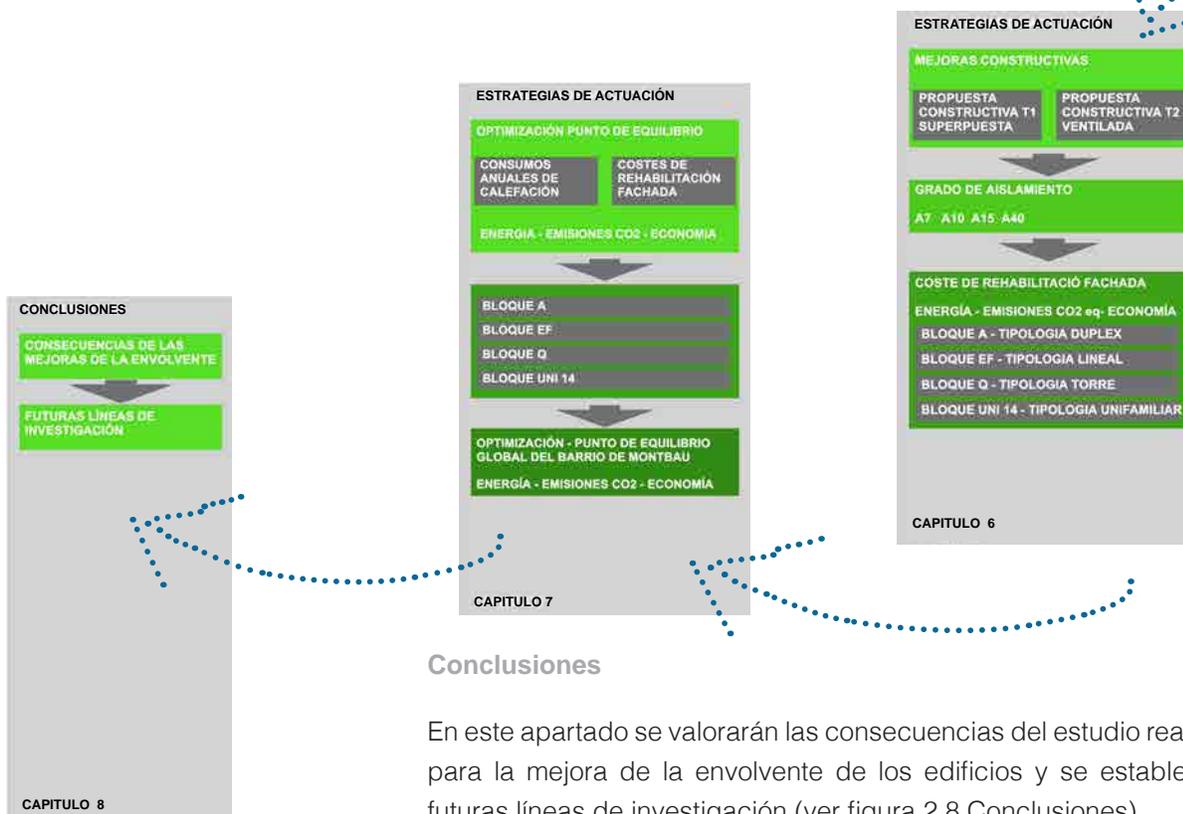


Figura 2.9 Esquema global del proceso de trabajo.



Conclusiones

En este apartado se valorarán las consecuencias del estudio realizado para la mejora de la envolvente de los edificios y se establecerán futuras líneas de investigación (ver figura 2.8 Conclusiones).



los polígonos de vivienda en Barcelona

3.1

Introducción

Tras el periodo de postguerra, se inicia un despunte económico que afectará el crecimiento de la ciudad y su población. Los polígonos de vivienda construidos en Barcelona en las décadas del sesenta y setenta, responden a la necesidad de albergar una población en aumento, muchos de los cuales llegan a la ciudad buscando trabajo y son contratados como mano de obra barata.

Los nuevos habitantes de la ciudad con recursos económicos mínimos, ocupan o autoconstruyen viviendas en los intersticios de la ciudad tradicional. Saturan las construcciones precarias en el Raval, parte del barrio viejo de Barcelona, con autoconstrucciones en la montaña de Montjuïc o las playas de la ciudad, como el Somorrostro.

El sector privado no está interesado en generar vivienda para estos nuevos habitantes por cuestiones de rentabilidad¹. El Estado debe tomar medidas y el Ayuntamiento, a través del Patronato de la Vivienda, genera las condiciones para la construcción de viviendas para albergar a la nueva población.

¹ Sagarra i Trias, F, et al (2003).



Foto 3.1. El Somorrostro. Ocupación de las playas de la ciudad. (Fuente: Sergio Lanao, c. 1960. Archivo TAF, Barcelona. PALÀ, Marina, et al. (1996) Barcelona Contemporània = Contemporary Barcelona: 1856-1999. Barcelona: Centre de Cultura Contemporània de Barcelona : Institut d'Edicions de la Diputació de Barcelona).

3.2

El origen de los polígonos

El problema de la vivienda ha sido y es uno de los grandes retos de la ciudad de Barcelona desde finales del siglo XIX. Como tantas ciudades europeas, el proceso de industrialización de este siglo y los cambios económicos y sociales que se avistan, generan una serie de procesos que afectarán a la ciudad consolidada. Barcelona, por sus condiciones geográficas, fue cercada por murallas y baluartes para su protección y control, a lo largo de los siglos son estas las que contienen su desarrollo. La ciudad comienza a densificarse, la industria atrae mano de obra y hará falta tanto vivienda, como espacio. El derribo de las murallas y la extensión de la ciudad por el Pla de Barcelona mediante la trama del ensanche proyectado por Cerdá, permiten a la ciudad un desarrollo económico y un mayor aumento de población².

² Palà, M, et al (1996).

A principios del siglo XX, la construcción de las grandes infraestructuras de la ciudad (Ver foto 3.2 Las barracas de Montjuïc), como el metro, o eventos como la Exposición Internacional de Barcelona de 1929, atrajeron olas de trabajadores con sus familias, que inicialmente, buscarán alojamiento en los barrios marginales, como el Raval, o construyen en las zonas vacías o abandonadas de la montaña de Montjuïc³.

³ Ferrer Aixalà, A (1996).



Foto 3.2. Las Barracas de Montjuïc. Ocupación de las zonas vacías del la montaña. (Fuente: SAGARRA I TRIAS, Ferran, et al (2003). De Les Cases Barates Als Grans Polígons : El Patronat Municipal De l'Habitatge De Barcelona Entre 1929 i 1979. Barcelona: Ajuntament de Barcelona, Patronat Municipal de l'Habitatge : VCA, DL).

Tras la Guerra Civil, el patrimonio inmobiliario está afectado por los bombardeos que ha sufrido la ciudad y al igual que la economía, seriamente deteriorado. La Ley del 19 de abril de 1939, dependiente del Ministerio de Trabajo, crea el Instituto Nacional de Vivienda y la figura de “vivienda protegida”, un instrumento legal para amparar la construcción de vivienda bajo bonificaciones y bajos intereses. En Barcelona, -el caso específico que se analiza-, las difíciles condiciones, sin embargo, llevan a los habitantes migrantes y residentes a buscar diversas alternativas de alojamientos dentro de la ciudad consolidada. Se ocupan y subdividen las viviendas, se rentan camas por horas, se subalquilan habitaciones y se construye vivienda precaria de manera ilegal.

El Instituto Nacional de Vivienda intenta solventar el déficit a través del Plan Nacional de vivienda 1944-1954 y pretende en el todo el país, construir 1.400.000 viviendas (incluidas las viviendas a reparar y las de nueva planta). No se cumple con lo estipulado y se alcanzan a construir apenas la mitad de las viviendas programadas.

Barcelona no está ajena a esta situación y su déficit ha aumentado en el periodo de postguerra. En la década de los años cincuenta y comienzos de los años sesenta, el proceso de industrialización acelerado trae una nueva oleada de población migrante del campo que buscaba forjarse futuro en la ciudad⁴. Las familias invaden terrenos baldíos -la mayoría públicos-, con vivienda de autoconstrucción. Los terrenos son inundables o inestables; las rondas de los ríos, montañas y el frente marítimo. Poco a poco se levantan barracas en Somorrostro, Camp de la Bota, Montjuïc -Jesús y María-, la parte superior del Pueblo Seco y los márgenes del río Besos⁵.

⁴ Ferrer Aixalà, A, Amador (1974).

⁵ Palà, M, et al (1996).

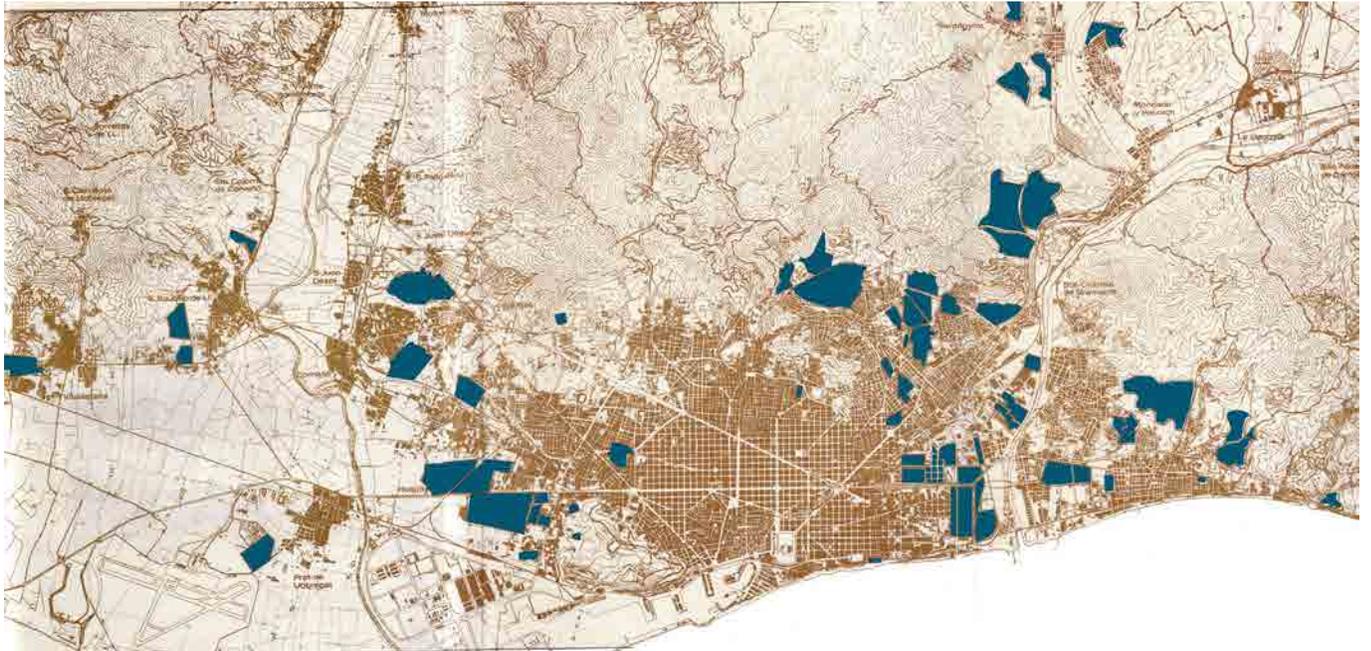
Como una medida para sobrellevar la compleja situación social, en 1949, el Ayuntamiento crea el Servicio de Erradicación del Barraquismo, intentando frenar la extensión de barrios ilegales. El barraquismo se considera inicialmente como fenómeno urbano transitorio y provisional, tarde o temprano estas desaparecerían; no eran enclaves que creasen ciudad y su desaparición era un síntoma de consolidación y crecimiento económico. Inicialmente se realiza un censo de estas construcciones y se toman medidas de control para intentar frenar la migración y la construcción de las viviendas ilegales. Los lugares ocupados se desalojan y continúa el déficit de vivienda en aumento, así entonces en 1953, se instaura el Centro de Clasificación de Indigentes en el Palacio de las Misiones de Montjuïc, para alojar de manera temporal a los desalojados para dotarlos de vivienda o regresarlos a su lugar de origen.

6 Palà, M, et al (1996).

7 Ferrer Aixalà, A (1996).

Figura 3.1. Situación de los polígonos en el área de Barcelona. (Fuente: FERRER AIXALÀ, Amador. (1982). La vivienda masiva y la formación de la Barcelona metropolitana: los polígonos de vivienda en Barcelona 1950-1975. Tesis doctoral dirigida por Solà-Morales, Manuel de. Barcelona. Universitat Politècnica de Catalunya.

Ante el déficit, el Ayuntamiento en esta década, inicia la construcción masiva de proyectos de vivienda desde el Instituto Municipal de la Vivienda⁶ con polígonos fuera de la ciudad consolidada (Figura 3.1: Situación de los polígonos en el área de Barcelona). Estas intervenciones unían la localización, la dimensión y la planificación para luego urbanizar y edificar. Teóricamente eran formas de ciudad con una concepción global que permitía la disposición de las edificaciones, espacios públicos, equipamientos y vivienda. La voluntad política se preocupó únicamente del asunto de la vivienda de una manera cuantitativa, dejando de lado los demás criterios –urbanos, sociales, culturales, etc.-. Muchos polígonos tenían entonces un gran déficit de servicios de urbanización, espacios públicos y equipamientos, como escuelas, bibliotecas y zonas deportivas; que no se solucionarán sino hasta la llegada de los nuevos consistorios democráticos⁷.



3.3

Los polígonos de vivienda en el área de Barcelona

En el año de 1929 se creó el Patronato de la Vivienda, que tenía como objetivo la eliminación del barraquismo y la construcción de vivienda para sus habitantes. Las primeras barracas las habían construido los nuevos residentes llegados a la ciudad, contratados como mano de obra para la construcción de la Exposición Universal de 1929, construidas la mayoría en la montaña de Montjuïc.

8 Sagarra i Trias, F, et al (2003).

Se crean las Casas Baratas para albergar esta población. Se prevé la construcción de 6.000 mil unidades de habitación. Se construyen aproximadamente 2.200 en cuatro grupos Eduard Aunós, Milans de Bosch (Bon Pastor), Baró de Viver y Ramon Albó. Serán edificios construidos con rapidez y de baja calidad⁸.

En 1941 se crea una herramienta, cuyo operador será la Obra Sindical del Hogar, principal promotor a nivel de todo el estado, ligado al Sindicato Vertical. En Barcelona conjuntamente con el Patronato Municipal, inicia sus primeras actuaciones inspiradas en las propuestas de vivienda de la dictadura del 29; barrios jardín de carácter rural, situados en solares alejados con casas unifamiliares de mayor tamaño a las construidas en años anteriores.

Los primeros polígonos construidos, como El Polvorín, de 1953, en Montjuïc (Ver foto 3.3 vista aérea de los edificios del polvorín), hoy en día ha sido completamente intervenido y remodelado. Otros siguen la trama urbana como Torre Llobeta (en el Paseo Maragall), de 1950, donde se construyen cinco manzanas del Eixample. La iglesia sufre, en algunos casos, las carencias del Estado y para la celebración del XXXV Congreso Eucarístico inicia la construcción de las Viviendas del Congreso Eucarístico con alrededor de 2.700 unidades construidas a lo largo de diez años, entre 1952 y 1962 (Ver foto 3.4 Vista aérea del barrio de viviendas del Congreso Eucarístico).

En 1953 se redacta el "Plan Comarcal" como instrumento ideológico y urbanístico de la ciudad de Barcelona y su área de influencia. Este plan llevó, -sobre una administración permisiva-, al inicio de procesos especulativos que acabaron sobredensificando los polígonos de vivienda y la ciudad en general.



Foto 3.3. Vista aérea de los edificios del polvorín en Montjuïc (Fuente: PALÀ, Marina, et al. (1996) *Barcelona Contemporània = Contemporary Barcelona : 1856-1999*. Barcelona: Centre de Cultura Contemporània de Barcelona : Institut d'Edicions de la Diputació de Barcelona, DL).

Foto 3.4. Vista aérea del barrio de viviendas del Congreso Eucarístico. (Fuente: PALÀ, Marina, et al. (1996) *Barcelona Contemporània = Contemporary Barcelona : 1856-1999*. Barcelona: Centre de Cultura Contemporània de Barcelona : Institut d'Edicions de la Diputació de Barcelona, DL).



Foto 3.5. Bellvitge. Imagen del polígono terminado 1968 (Fuente: Pepe Encinas, 1968. PALÀ, Marina, et al. (1996) *Barcelona Contemporània = Contemporary Barcelona : 1856-1999*. Barcelona: Centre de Cultura Contemporània de Barcelona : Institut d'Edicions de la Diputació de Barcelona, DL).

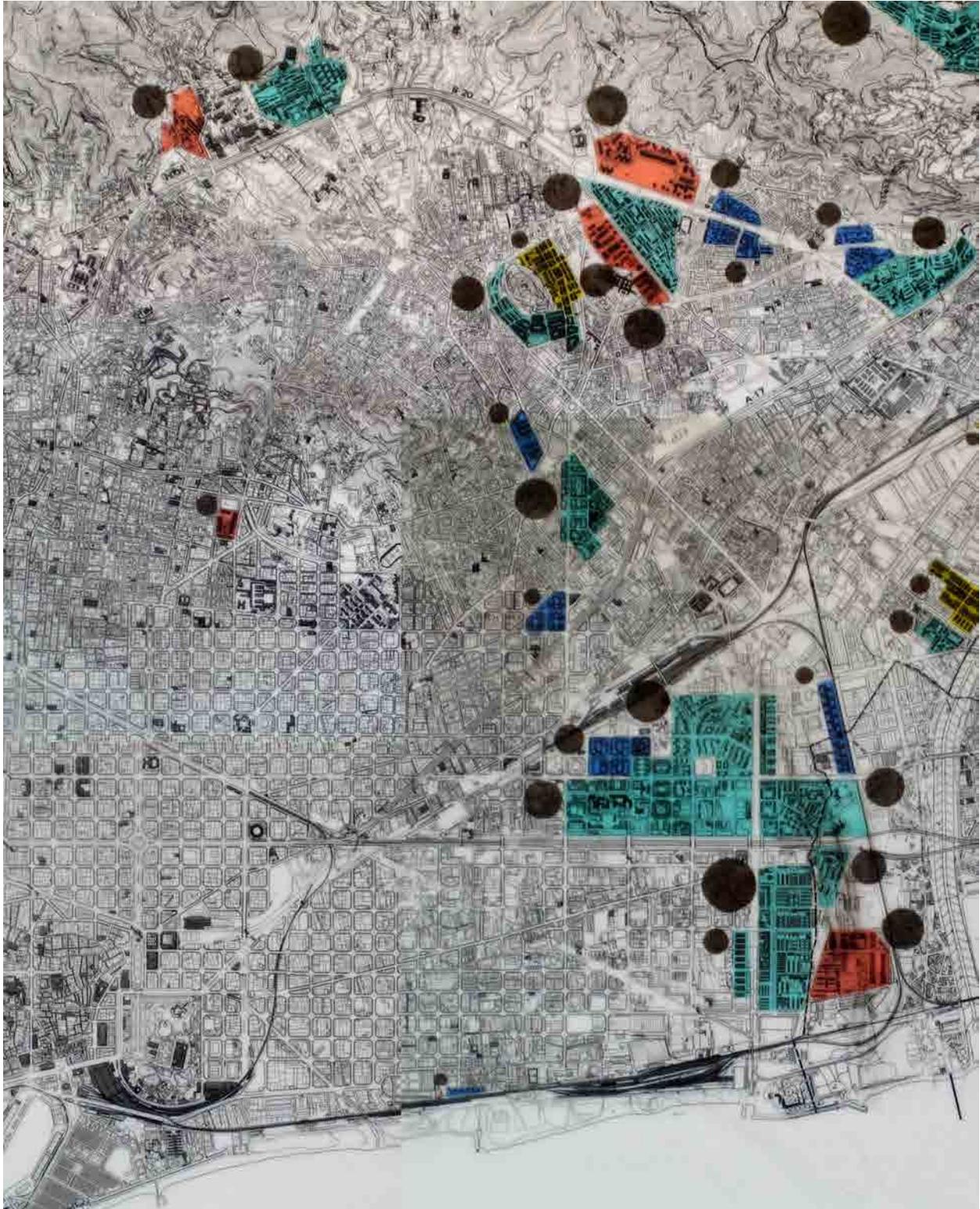


En 1957 se redactó el Plan de Urgencia Social donde se elabora y se prevén la mayoría de los polígonos que se terminarán ejecutando: Sudoeste del Besòs, Montbau, Guineueta, Badalona, Baró de Viver, Bon Pastor, St. Martín, Cornellà y Bellvitge⁹.

⁹ Palà, M, et al (1996).

Los grandes polígonos crean ciudades -dentro de la ciudad- con miles de viviendas y habitantes. El polígono de Bellvitge de 1968, generó una ciudad con 13.000 viviendas y unos 30.000 a 40.000 habitantes (Ver foto 3.5 Bellvitge). Ante las necesidades de construcción el sector privado decide vincularse como actor crucial en la construcción de habitación, bien sobre tierras aptas del ayuntamiento o sobre terrenos privados. La construcción para albergar una mayor cantidad de población a través de los polígonos como solución, abre las puertas a mayores densidades y a la especulación con ánimo de lucro. St . Ildelfons en Cornellà construye otra ciudad de 11.000 viviendas y 40.000 habitantes. Otro ejemplo de este proceso especulativo es Ciudad

Figura 3.2. Localización de los Polígonos del Noreste de Barcelona. (Foto: Autor. Plano reelaborado extracto parcial realizado por Ton Salvadó y Josep M Miró, 1996, para la exposición 1856-1999 Barcelona Contemporánea).



10 Ferrer Aixalà, A (1996).

11 Palà, M, et al (1996).



Foto 3.6. Sudoeste del Besòs, bloques en construcción (Fuente: SAGARRA I TRIAS, Ferran, et al. (2003). De Les Cases Barates Als Grans Polígons : El Patronat Municipal De l'Habitatge De Barcelona Entre 1929 i 1979. Barcelona: Ajuntament de Barcelona, Patronat Municipal de l'Habitatge : VCA, DL).

Meridiana, promoción de 4.000 viviendas – a cargo de privados-, con un único acceso viario, edificado sobre una topografía difícil, tortuosa y compleja. La mayoría de polígonos construidos a partir del 1965 terminarán por ser iniciativa de privados, ajenos al urbanismo y a las calidades arquitectónicas y constructivas, pues priman las ventajas económicas de la construcción masiva, sobre la calidad y sobre un lenguaje de ciudad¹⁰. (Ver Foto 3.6. Sudoeste del Besòs)

Los polígonos, para bien o para mal, a lo largo del tiempo se convirtieron en uno de los motores fundamentales del crecimiento de Barcelona. Permitiendo su expansión ante las fuertes presiones demográficas, fueron creciendo de manera desordenada y respondiendo con retraso a una serie de previsiones y cálculos siempre insuficientes.

El Barrio de Montbau fue un barrio de experimentación y propuesta. Era donde el Patronato de la Vivienda ensayaba las propuestas urbanas, constructivas y sociales, las conclusiones debían servir para formalizar el resto de polígonos que desarrollaban.

Así entonces, durante los últimos veinte años, las políticas orientadas hacia la generación de vivienda en cantidad -olvidando equipamientos y espacio público-, y la construcción deficiente y de mala calidad, fueron generando una ciudad inacabada¹¹.

La llegada de la democracia empezó a equilibrar estas carencias iniciando una fuerte inversión sobre el espacio y los servicios públicos y rehabilitando sus construcciones. Algunos de los polígonos tuvieron que ser demolidos o intervenidos debido a su deficiente construcción o a su precario estado de conservación como El Polvorin, Gornal, Baró de Viver, Buen Pastor y Viviendas del Gobernador. Algunos sin embargo, con una construcción más cuidadosa como Bellvitge, St. Ildefonso, Montbau, Poblado Roca, la Mina, esperan el momento de su actualización y rehabilitación.

3.4

El Barrio de Montbau

Montbau está situado a los pies de la montaña de Collserola, por encima de la Ronda de Dalt, entre el Hospital Universitario de la Vall d'Hebron y El recinto Mundet de la Diputación de Barcelona, actualmente oficinas y escuelas Universitarias (Ver foto 3.7 Montbau primera y segunda fase terminados).

El polígono de Montbau, fue desarrollado por iniciativa pública entre 1953 y 1961 a cargo de los arquitectos Xavier Subias, Guillem Giràldez y Pedro López Iñigo. Su diseño, obedece a una clara sensibilidad moderna; estructurado alrededor de un parque central y dividido en dos núcleos, responde a la topografía y al entorno, los que determinan la disposición de las edificaciones. Diferentes tipos edificatorios de dimensiones y alturas diversas, desde el dúplex hasta las casa individuales, conforman el conjunto¹².

12 Planeamiento Del Núcleo Satélite De Montbau en: J. Subias Fages, G. Giraldez Davila, P. Lopez Iñigo (1959).

“En el siglo XX, gran parte de la arquitectura producida en el periodo de post guerra adoptó el lenguaje moderno racionalista como criterio proyectual. Esta producción poseía como principios básicos (...): la primacía de las medidas; el elementarismo y el énfasis al detalle técnico; la creación a partir de los prototipos; el desarrollo del proyecto basado en una repetición modular; la subdivisión del global en volúmenes eficaces; la búsqueda en alcanzar la máxima funcionalidad, o sea, la forma buscando seguir exclusivamente las exigencias de la función; la abstracción y el racionalismo aparecen como criterios fundamental de esta arquitectura, que trabajan con la descomposición de un sistema en sus elementos básicos, la caracterización de unidades elementares simples y la construcción de la complejidad a través de lo simple”¹³.

13 De Albuquerque e Melo, A (2012).



Foto 3.7. Montbau primera y segunda fase terminados (Fuente: SAGARRA I TRIAS, Ferran, et al. (2003). De Les Cases Barates Als Grans Polígons: El Patronat Municipal De l'Habitatge De Barcelona Entre 1929 i 1979. Barcelona: Ajuntament de Barcelona, Patronat Municipal de l'Habitatge : VCA, DL).

Foto 3.8. Maqueta de la propuesta inicial de Montbau (Fuente: SAGARRA I TRIAS, Ferran, et al. (2003). De Les Cases Barates Als Grans Polígons: El Patronat Municipal De l'Habitatge De Barcelona Entre 1929 i 1979. Barcelona: Ajuntament de Barcelona, Patronat Municipal de l'Habitatge : VCA, DL).



Montbau representaba las tendencias que quiso imprimir el patronato en sus propuestas de polígonos. Para realizar este cambio el gerente, el consejero delegado y los arquitectos del patronato, realizaron diversos viajes por ciudades europeas, entre ellas Alemania. Recorren con atención Frankfurt, Bonn, Colonia, y Berlín, donde visitan el Interbau, entre otras zonas en construcción¹⁴.

¹⁴ Sagarra i Trias, F, et al (2003).

El Patronato Municipal de la Vivienda encargó el Plan Parcial de Montbau a los arquitectos Guillermo Giráldez, Pedro Lopez Iñigo y Xavier Subías / LIGS, un grupo de jóvenes arquitectos quienes desarrollaron la propuestas inicial en pocos días para ser presentada en una exposición. Pasada esta, el Ayuntamiento la complementa y rehace algunos puntos y presenta de nuevo el Plan para su aprobación definitiva¹⁵.

¹⁵ Bohigas, O, (1965).

Las intenciones se describen en una publicación del patronato sobre las propuestas del trienio 1957-1960; la concentración de viviendas en grandes polígonos, acceso a la propiedad de la viviendas de manera diferida, incremento de inversiones y una inquietud social con el propósito de crear equipamientos en los barrios (escuelas, centros cívicos, etc.)

Los dos grandes polígonos del Patronato en ese momento serán Montbau y Sudoeste del Besos. La primera, se convierte en una operación de prestigio y con posibilidades de experimentación. Se pretendía construir 1.440 viviendas de 60, 80, y 100 m², en 31 hectáreas, con variedad de tipologías edificatorias, torres, bloques lineales de diversas formas y viviendas unifamiliares. Uno de los puntos diferenciadores de Montbau respecto a otras promociones, era el énfasis en las dotaciones de equipamiento social¹⁶.

¹⁶ Sagarra i Trias, F, et al (2003).

El alcalde de Barcelona de la época, José M Porcioles, quería que Montbau fuera un reflejo de la composición social de la Barcelona

de la época e impuso la distribución social: un 25% de trabajadores no calificados –barraquistas y peones- un 25% de trabajadores calificados, dependientes y funcionarios de modesta categoría, un 45% de funcionarios, profesionales libres, comerciantes, militares y finalmente un 5% de funcionarios de categorías elevadas, rentistas, etc:

“...La unidad que se pretende para un barrio de viviendas no significa uniformidad y monotonía, sino la diversidad ordenada, al estilo de la que puede presentar una gran orquesta que, con muchos y variados instrumentos, ejecuta – dentro de una unidad de orden- una gran pieza maestra (Plan Montbau)¹⁷.

17 Del opúsculo: Patronato Municipal de la Vivienda 1957-1960, pág. 13. Se explican algunos estudios como el informe del Gerente del Patronato sobre la composición social deseable para el núcleo de Montbau.

La ejecución y gestión del barrio se compartió con ocho cooperativas de vivienda que fueron las que plasmaron la diversidad social pretendida desde la Alcaldía. La primera fase de Montbau, se construyó con la cooperación de ocho cooperativas de vivienda: El patronato de Casas Militares del Ministerio del Ejército, las cooperativas de la Guardia Urbana, de la Seguridad Social, del Taxi, de los Lluïsos de Gracia, la Esperanza, La Puntual y la Graciense de viviendas¹⁸.

18 Sagarra i Trias, F, et al (2003).

El primer sector suroeste/ SO –primera etapa- se encargó a los arquitectos Guillermo Giráldez, Pedro Lopez Iñigo y Xavier Subías/ LIGS, en 1958. La segunda etapa desarrollada en el sector Noroeste/ NO se le encargó tres años más tarde a M. Baldrich – urbanista de la Diputación- A. Bonet, quien había regresado del exilio luego de algunos años en Argentina- J. Soteras y Pedro López, arquitectos del municipio. El proyecto en esta etapa se consolidó entonces:

“(...) un predominio de los edificios en forma de barra, con volúmenes compuestos de 5 plantas y con adopción en todos ellos del lenguaje moderno, con formas puras, juegos de fachadas utilizando el neoplasticismo y programas envueltos en solución a atender a familias pequeñas, poseyendo las plantas de 2 a 3 dormitorios en su grande mayoría. La forma trabajada de la ordenación urbana sigue los principios también de la Carta de Atenas, con una nítida influencia neoplasticista del movimiento De Stijl, con un tratamiento geométrico abstracto, jugando con los volúmenes de bloques en L que se encajan creando patios/plazas que se contraponen a nueve torres idénticas formalmente”¹⁹.

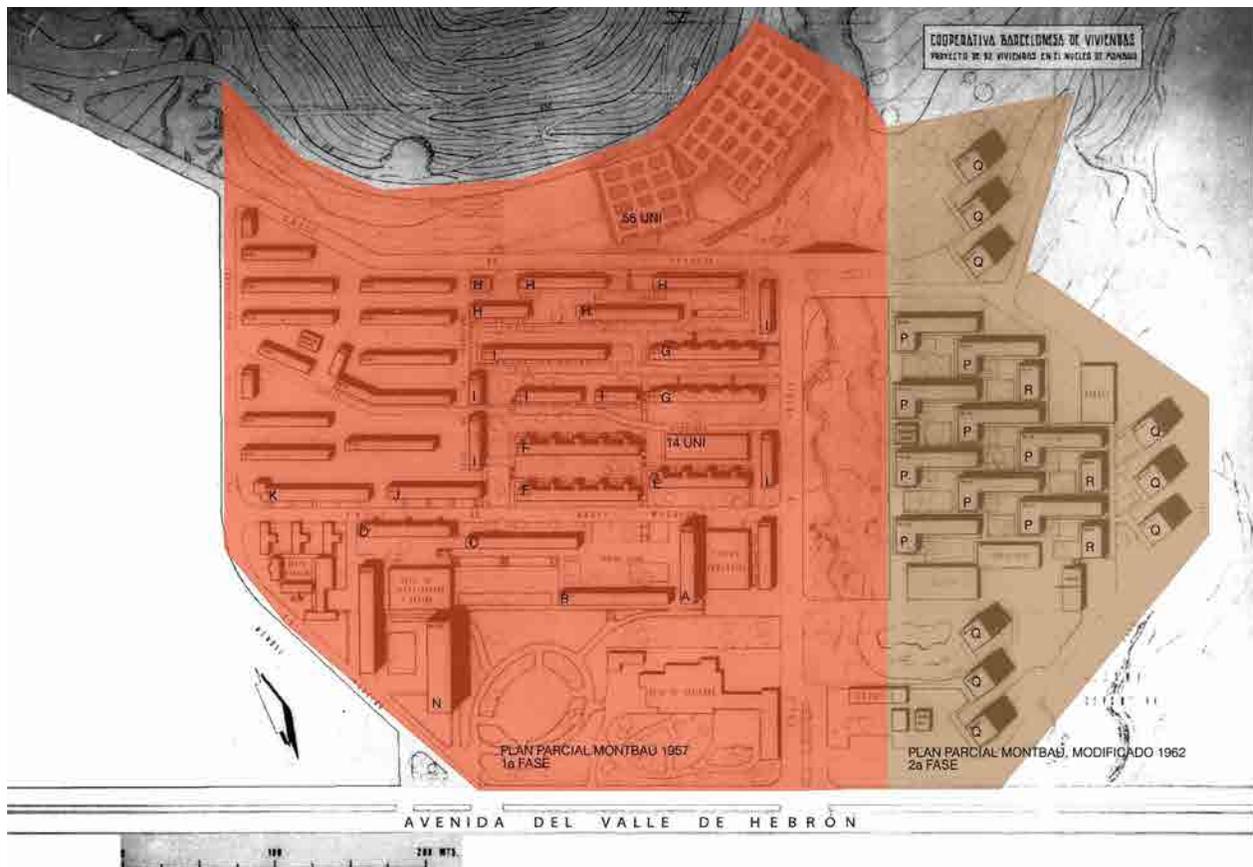
19 Idem, p. 6 y ss.

Ciertos criterios iniciales se fueron devaluando y ya en la primera fase, se le añadió una planta a todos los edificios proyectados. En la segunda fase, se dobló la densidad edificatoria, mediante una modificación del plan, aprobada en julio de 1962.

Dimensiones generales del barrio de Montbau	
Unidad SO	9,6 Ha
Superficie Total	88.228 m ²
Superficie de techo	1.068
Densidad	111.25 Viv / Ha
Superficie media / vivienda	68 m ² / Viv
Equipamiento	Centro comercial con 63 tiendas, biblioteca y servicios sanitarios.
Unidad NE	6 Ha
Superficie Total	72.511 m ²
Superficie de techo	891
Densidad	148 Viv / Ha
Superficie media / vivienda	76 m ² / Viv
Equipamiento	Centro religioso y escuela.

Con todo y las modificaciones sufridas en su proceso de diseño y construcción, Montbau será uno de los mejores polígonos de Barcelona, gracias a su diseño arquitectónico, localización, planificación, realización y utilización. El barrio se ha mantenido a lo largo de los años en buenas condiciones. Los edificios no han

Figura 3.3. Planeamiento y edificios de Montbau. (Fuente: Elaboración del autor a partir de un plano de conjunto del Archivo del Patronat Municipal de l'Habitatge (PMH) de Barcelona).



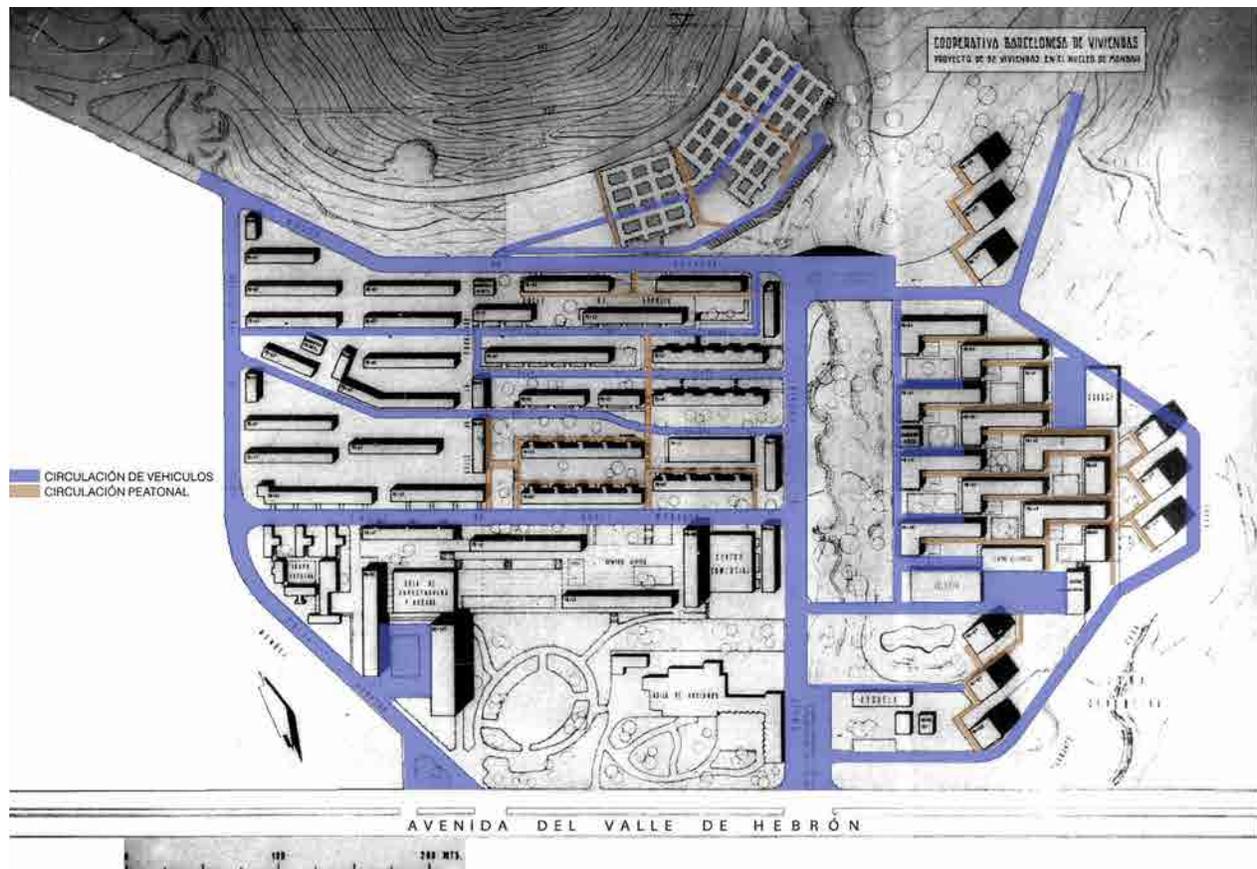
sufrido grandes modificaciones, -con excepción del cierre de algunas galerías o terrazas, y modificación de carpinterías-, sin afectar su diseño original. En la unidad NE, algunas comunidades de vecinos han iniciado modificaciones importantes, como la sustitución de baldosas vitrificadas o el revoco de algunas fachadas de obra.

El polígono de Montbau

En un área de terreno de 31 ha, con una ligera pendiente, vecino a la Avenida del Valle de Hebrón, entre el Hospital Universitario y el Recinto Mundet, se planificó el polígono inicialmente en dos sectores constructivos. Una vía principal derivada del Paseo del Valle de Hebrón, divide el proyecto en dos áreas y lo atraviesa de Este a Oeste. En el costado Este, una vía penetra para rodear el perímetro del conjunto.

Una serie de vías secundarias y paralelas al Paseo, en el Suroeste, permiten conectar las viviendas entre sí. En la parte Noroeste, las vías entran hacia los bloques, generando espacios vacíos -plazoletas- inicialmente diseñadas como espacios públicos, que luego serán utilizados como aparcamientos. Solo el bloque L disponía originalmente de plazas de aparcamiento.

Figura 3.4. Circulaciones rodadas y peatonales. (Fuente: Elaboración del autor a partir de un plano de conjunto del Archivo del Patronat Municipal de l'Habitatge (PMH) de Barcelona).

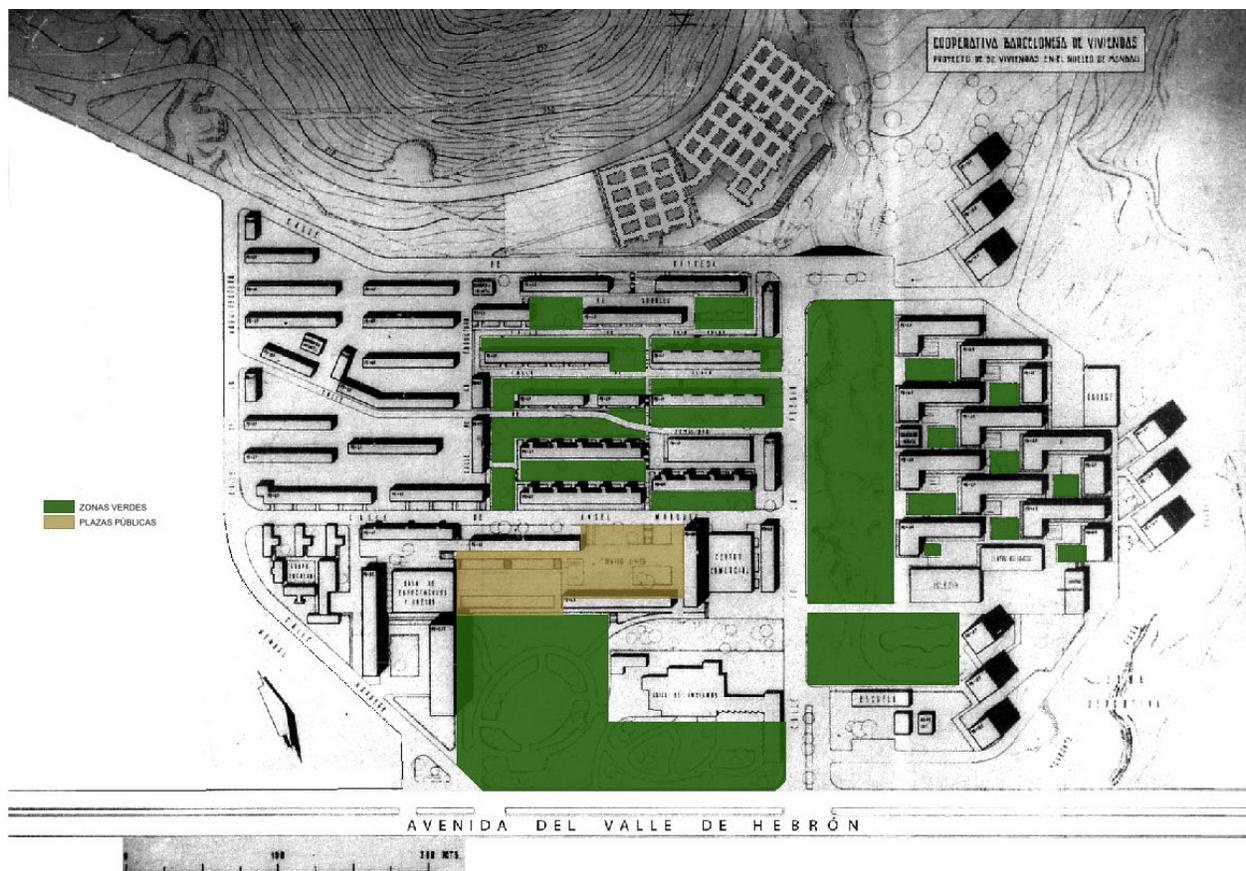


Una serie de vías peatonales permiten un flujo diferente y hacia la montaña, creando cierta transparencia entre los volúmenes y el entorno (Ver figura 3.4).

Montbau dispone de una muy buena relación entre edificación y espacio público; dos grandes jardines y una generosa plaza pública. El jardín principal divide Montbau en dos, la zona NE y la SO. El segundo parque hace de separador con la Avenida del Valle de Hebrón, creando una franja que actúa como amortiguador acústico y visual. Finalmente la plaza pública crea un gran espacio de relación entre la comunidad, donde se realizan las actividades públicas del barrio (Ver figura 3.5).

El Plan Parcial de Ordenación de Montbau destinaba una serie de espacios como equipamiento y servicios con una superficie considerable en comparación con otros polígonos de Barcelona. Como ya se ha comentado este era un proyecto prototipo y experimental. Actualmente Montbau dispone de Biblioteca, Escuela e Iglesia y un Hospital geriátrico que presta servicio a toda el área. Al ser un barrio de nueva creación este se encontraba desligado de los servicios comerciales de la ciudad y por lo tanto, se propuso crear un centro comercial y diversos locales que crearan comercio y ciudad.

Figura 3.5. Espacio público y vegetación. (Fuente: Elaboración del autor a partir de un plano de conjunto del Archivo del Patronat Municipal de l'Habitatge (PMH) de Barcelona).



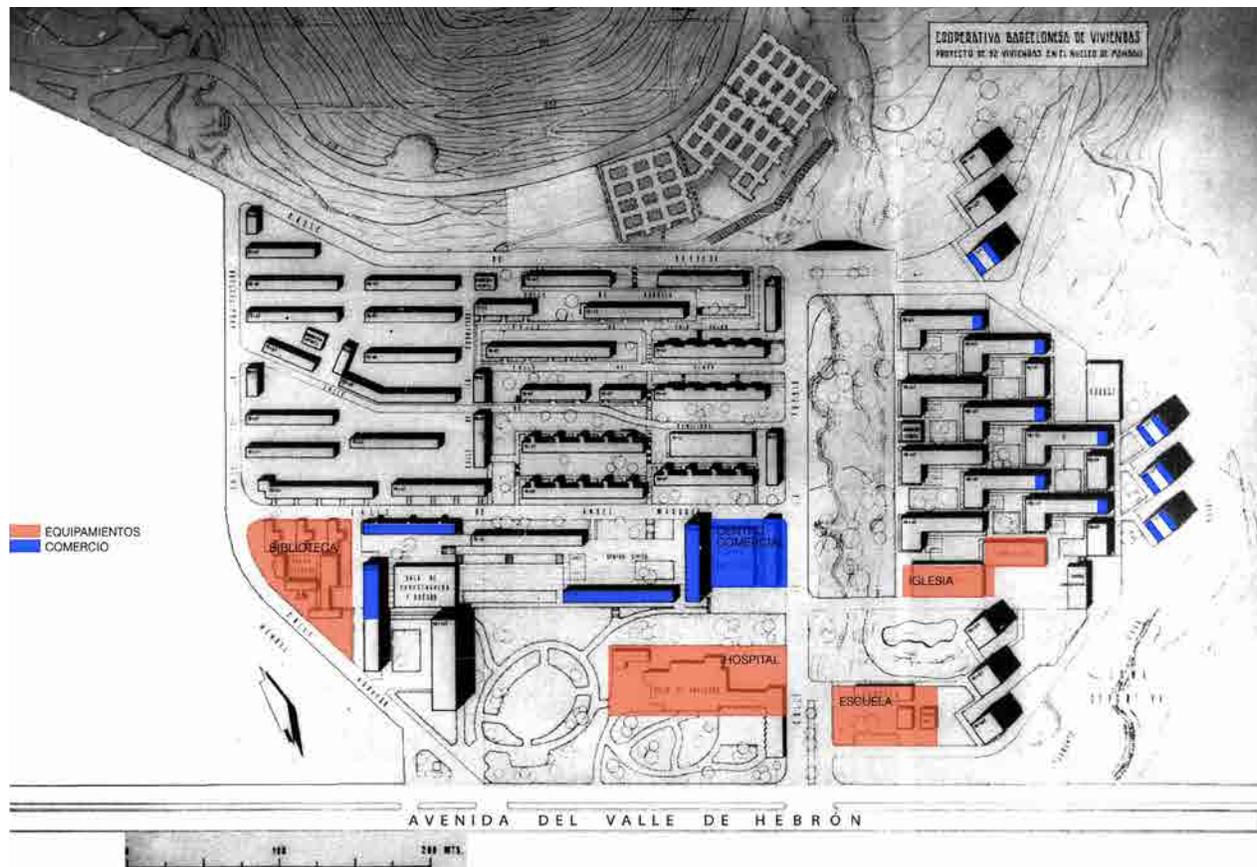
También se plantearon talleres artesanales y de reparación, para lo cual se destinaron las viviendas unifamiliares (UNI 14) en hilera que disponían de espacios para estos menesteres.

El área dispuesta para locales comerciales nunca funcionó de manera satisfactoria y actualmente muchos locales permanecen vacíos (Ver figura 3.6).

El análisis del plano de alturas pone en evidencia que la mayoría del barrio está constituido por edificaciones con alturas de entre 4 y 5 plantas, lo que representa una densidad baja de edificación. Solo en la primera manzana, donde se disponen los edificios singulares y en la segunda fase, se densifica el barrio con edificios de 14 y 15 plantas (Ver figura 3.7). Las visitas realizadas por diversos países de Europa y las corrientes de la modernidad, propiciaron la necesidad de experimentar y generar diferentes propuestas en su mayoría racionalistas (Ver figura 3.7).

Como polígono de experimentación por parte del Patronato de la Vivienda, se construyeron diversas tipologías y sistemas constructivos que después se implantaron en otras zonas. Disponemos de cuatro tipologías edificatorias en el núcleo de Montbau: Bloque lineal con

Figura 3.6. Equipamientos y comercio.
(Fuente: Elaboración del autor a partir de un plano de conjunto del Archivo del Patronat Municipal de l'Habitatge (PMH) de Barcelona).



viviendas por planta, Viviendas dúplex, viviendas unifamiliares y finalmente torres con cuatro viviendas por planta. En la fase inicial se levantaron bloques lineales de vivienda que se asentaban en la topografía, siguiendo la pendiente de la montaña. Las tipologías dúplex se asentarán en la primera manzana como elementos singulares y completando los equipamientos que se encuentran situados en ella. Las viviendas unifamiliares son elementos singulares en el conjunto, las situadas dentro de la trama urbana se proponen como talleres complementarios al centro comercial; el segundo conjunto se sitúa en la parte superior del barrio, con una posición privilegiada y de vistas. Finalmente las torres se constituyen como elementos singulares y de borde que delimitan la segunda fase del conjunto, son cuatro viviendas por planta con una buena orientación y vistas (Ver figura 3.8).

La implantación en el territorio sigue la pendiente de la montaña, permitiendo disponer los edificios en una orientación sur – este, disponiendo de unas fachadas óptimamente orientadas para conseguir un máximo de horas de sol. Las torres Q giran 45° respecto de la pendiente, para que todas las viviendas dispongan de unas horas mínimas de sol. Los bloques dúplex están orientados Noreste – Suroeste, lo que permite un mejor asoleo de sus fachadas en las horas de la tarde.

Figura 3.7. Altura edificatoria. (Fuente: Elaboración del autor a partir de un plano de conjunto del Archivo del Patronat Municipal de l'Habitatge (PMH) de Barcelona).

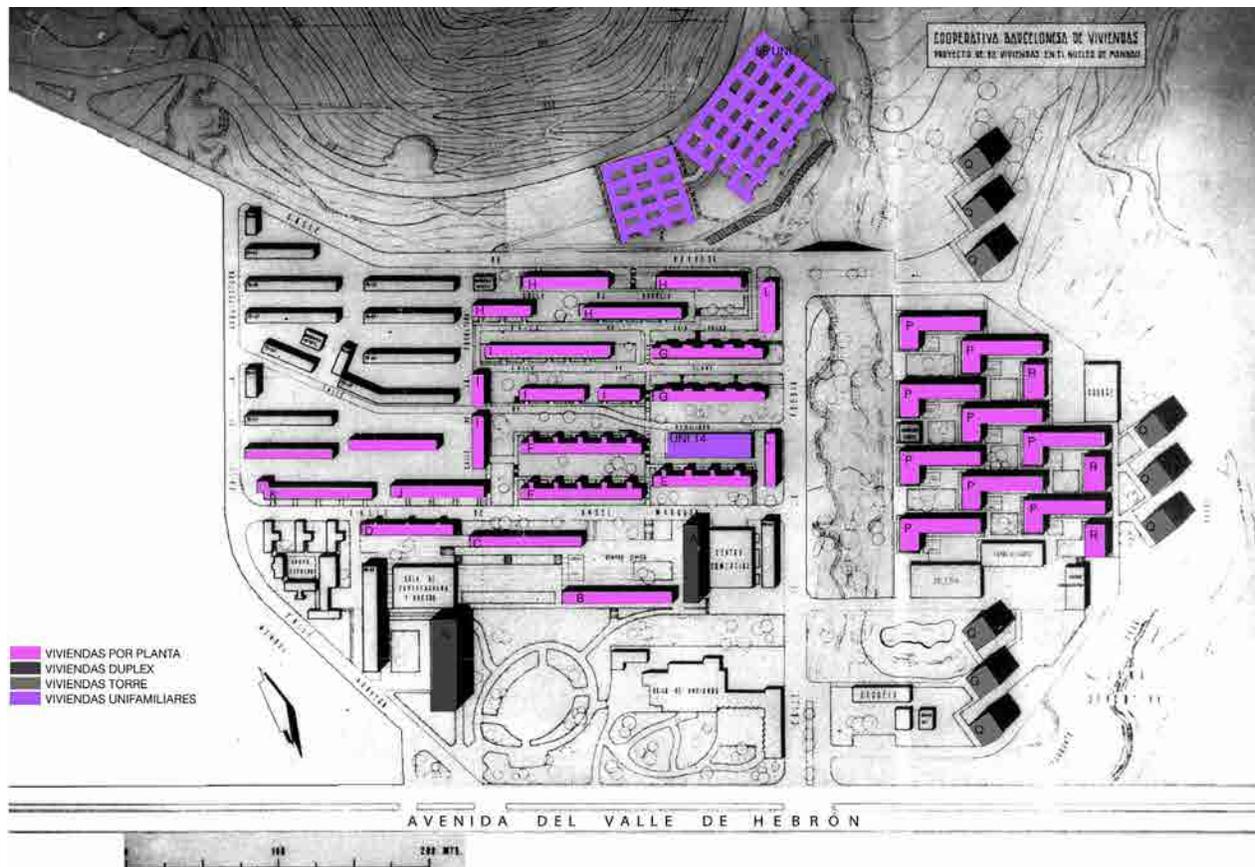


Cuadro 3.1. Resumen de los bloques construidos. (Elaborado por el autor a partir de los datos extraídos de los proyectos consultados en el archivo del PMH).

Todas las edificaciones están diseñadas para tener siempre espacio visual, menor en el caso de los bloque lineales y mayor en las torres y bloque dúplex por su altura y posición periférica (Ver figura 3.9 y Cuadro 3.1. Resumen de los bloques construidos).

NOMBRE DEL EDIFICIO	FASE	AÑO DEL PROYECTO	AÑO DE CONSTRUCC.	AÑO ENTREGA	SUP. CONSTRUIDA	NÚM. VIVIENDAS	NÚM. LOCALES
BLOQUES A - B	1a ETAPA	1.958	1.958-59	1.962	8.049	82	9
BLOQUES C - D	1a ETAPA	1.959	1.959	1.962	5.220	56	11
BLOQUES E - F	1a ETAPA	1.958	1.959	1.962	8.960	140	
BLOQUES G	1a ETAPA	1.959	1.962	1.962	9.733	140	
BLOQUE H	1a ETAPA	1.959	1.959-60	1.961	10.552	150	8
BLOQUES I	1a ETAPA	1.959	1.959-61	1.961	8.958	142	9
BLOQUES J	1a ETAPA	1.959	1.960	1.961	3.398	40	2
BLOQUES K	1a ETAPA	1.959	1.960	1.961	4.036	51	8
BLOQUES L	1a ETAPA	1.959	1.960-61	1.963	1.798	30	
BLOQUES N	1a ETAPA	1.966	1.968-71	1.971	13.504	120	3
UNIFAMILIAR 14	1a ETAPA	1.960	1.961-63	1.963	1.941	14	
UNIFAMILIAR 52	1a ETAPA	1.964	1.965-66	1.968	7.366	52	1
BLOQUES P	2a ETAPA	1.961	1.961-64	1.964	33.361	387	18
BLOQUES Q	2a ETAPA	1.961	1.961-64	1.964-65	39.150	504	27
BLOQUES R	2a ETAPA	1.961	1.961-64	1.965	4.713	51	9
TOTAL		1.958-64	1958-71	1961-71	160.739	1.959	105

Figura 3.8. Tipologías edificatorias. (Fuente: Elaboración del autor a partir de un plano de conjunto del Archivo del Patronat Municipal de l'Habitatge (PMH) de Barcelona).



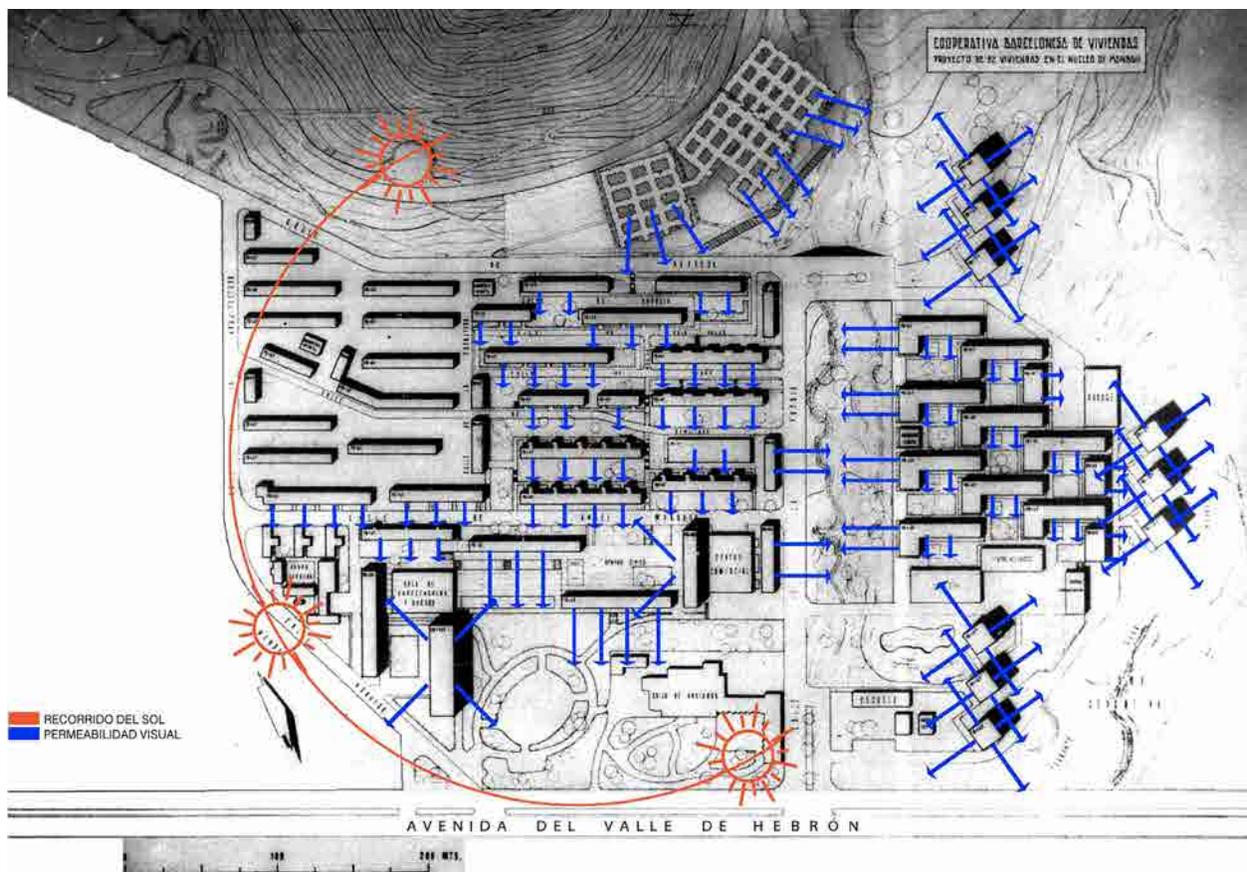


Figura 3.9. Sol y espacio visual.

(Fuente: Elaboración del autor a partir de un plano de conjunto del Archivo del Patronat Municipal de l'Habitatge (PMH) de Barcelona).

3.5

Aspectos sociológicos

Con la construcción del polígono de Montbau y el del sudoeste del Besós, el Patronato de la Vivienda de Barcelona intenta suplir las carencias de vivienda y planea barrios con espíritu de comunidad, para integrar a sus habitantes en un proyecto social y de esta manera evitar la generación de barrios periféricos suburbanos. Según los redactores del Pla de Montbau, en esta nueva etapa de actuación se pretende construir núcleos urbanos completos, perfectamente diferenciados del resto del tejido urbano. También, como ya se ha comentado, se estableció una composición social que reprodujese la que existía en ese momento en la ciudad de Barcelona²⁰.

²⁰ Planeamiento Del Núcleo Satélite De "Montbau en Quaderns d'Arquitectura i Urbanisme n 37, J. Subias Fages, G. Giraldez Davila, P. Lopez Iñigo (1959). Barcelona: Colegio de Arquitectos de Catalunya.

El Plan Nacional de la Vivienda 1956-1960, señala la necesidad de cooperar con otras instituciones para conseguir equipamientos para

21 Memoria del Patronato (1958), p. 16.

los barrios; escuelas, locales de distracción, guarderías, comedores, etc. Así entonces estos polígonos “creados a la manera de ciudades satélite”, (...) tendrán “en su mismo centro cívico, cuánto precisen para el desarrollo de una vida urbana y digna de nuestra ciudad y de su elevado nivel”²¹. La nueva construcción buscaba una integración social eficiente alrededor de los equipamientos; el centro cívico, la iglesia, zonas de juegos infantiles y jardines y un centro de comercio.

En el año 1961 se empiezan a entregar la primeras viviendas, en 1964 se terminan 760 y en 1965, 513 más. Para el año de 1966 solo quedan por entregar 52 viviendas unifamiliares, las nueve torres de viviendas y el bloque N.

Montbau a pesar de las intenciones iniciales, era en barrio cerrado y de difícil acceso, comunicado inicialmente por unas pocas rutas de buses. La llegada de la línea 3 del metro, en 1985, supone un cambio radical en la manera de comunicarse con el resto de la ciudad. Más tarde en 1992 se construyó La ronda de Dalt -con motivo de las Olimpiadas- mejorando aún más las condiciones de acceso. Actualmente es un barrio accesible a 20 minutos del centro de la ciudad.

La población se mantuvo de una manera estable hasta la década de los noventa. En el año 1991 la población total de Montbau era de 6.313 habitantes, cifra similar al índice de habitación de sus orígenes.



Foto 3.9. Plaza de Montbau en 1962 (Fuente: SAGARRA I TRIAS, Ferran, et al. (2003). De Les Cases Barates Als Grans Polígons: El Patronat Municipal De l'Habitatge De Barcelona Entre 1929 i 1979. Barcelona: Ajuntament de Barcelona, Patronat Municipal de l'Habitatge : VCA, DL).

22 En: <http://www.bcn.es/estadistica/catala/index.htm> recuperado marzo 2014.

En 1996 la población era de 5.360 habitantes, acusando una disminución evidente. En el año 2.000 se llega al punto más bajo con 5.045 habitantes, en el 2003 hay un repunte de población hasta llegar a los 5.304. Desde esta fecha se produce una pérdida gradual de población hasta los 5.090 habitantes actuales, datos del año 2012 ²².

Esta evolución demográfica se debe a que toda la población de Montbau era de la misma edad, parejas jóvenes, algunas con los padres mayores. En la década de los noventa mueren los abuelos, los hijos mayores buscan destinos diferentes y el índice de natalidad teniendo en cuenta la condición de las parejas, disminuye. A finales de esta década se produce un cambio generacional, el barrio alberga parejas jóvenes, sin embargo los residentes originales sobrepasan en el año 2.000, los 70 años y continúa una caída demográfica hasta la población actual ²³.

23 Ama Mestres, E. (2010).

Las cifras oficiales de población en el año 2012, son de 5.090 habitantes, de los cuales 2.262 son hombres (44,4%) y 2.828 mujeres (56,6%). Esta población se reparte en 72,7 Ha, con una densidad de población de 70 personas por ha. Esta baja densidad de población se debe a dos factores: por un lado, la baja de población y por el otro, el entorno con muchas zonas verdes (Recinto Mundet, Laberinto de Horta, Palacio de las Heures, El velódromo, etc.). Si delimitamos las 15,6 ha de la zona edificada del núcleo que incluye el polígono subiríamos hasta los 326 hab/ ha.

La pirámide de población tiene forma de sierra. El barrio ha evolucionado en tres fases distintas; inicialmente -en la etapa desarrollada a lo largo de 8 años- las viviendas se adjudicaron a gente joven, población que actualmente tendría entre 70 y 80 años. La segunda generación, serán sus hijos que cuentan entre los 45-50 años y habrán nacido en la



Foto 3.10. Plaza de Montbau en 2010
(Fuente: Autor).

década de los 60-70. La tercera generación, nietos de los residentes originales, son actualmente quienes ocupan el barrio.

En el año 2012 el origen de la población de Montbau es mayoritario de Barcelona Ciudad con un 56,3%, del resto de Cataluña, el 7,3%, del resto del estado español 21,8% y del extranjero con un 14,6%. Como podemos apreciar la mitad de la población procede de Barcelona. Respecto de los migrantes del estado español son mayoritarios los andaluces (7,3%), como en el resto de Barcelona, y los aragoneses (6,4%).

El nivel de estudios de la población adulta es el siguiente (2012): estudios superiores 20,5%, Bachillerato superior / BUP 23,8%, graduado escolar / ESO 20,7%, Estudios primarios / certificado de escolaridad 23% y sin estudios 12%.

3.6

Tipologías edificatorias del Barrio de Montbau

Montbau fue un barrio de experimentación, a partir de las visitas realizadas a Europa, las tendencias propuestas por la modernidad y la ruta dictada por la carta de Atenas. Se construirá un tipo de vivienda nueva que de respuesta a las nuevas necesidades que se plantea la sociedad industrial en crecimiento. Se busca construir viviendas eficientes, con todos los servicios, confortables, con un espacio mínimo acotado en función del número de ocupantes.

Como observamos en el siguiente cuadro (Ver cuadro 3.2. Resumen de tipologías edificatorias), un resumen de tipologías, los bloques

TIPO DE VIVIENDA	VIVIENDAS DÚPLEX	VIVIENDAS POR PLANTA	VIVIENDAS EN TORRE	VIVIENDAS UNIFAMILIARES
BLOQUE A	52			
BLOQUE B		32		
BLOQUES C-D		56		
BLOQUE E-F		140		
BLOQUE G		140		
BLOQUE H		150		
BLOQUE I		142		
BLOQUE J		40		
BLOQUE K		51		
BLOQUE L		30		
BLOQUE N	120			
UNIFAMILIAR 14				14
UNIFAMILIAR 52				52
BLOQUE P		387		
BLOQUE Q			504	
BLOQUE R		51		
TOTAL	172	1219	504	66

Cuadro 3.2. Resumen de tipologías edificatorias.

lineales con viviendas por planta son la tipología mayoritaria del polígono, seguida de las viviendas en torre. Las viviendas en dúplex y las unifamiliares son minoritarias, pero con presencia, ya que en este tipo de experiencias casi no se reprodujeron en otros polígonos.

A- Bloque Dúplex (distribución por corredor común)

El Bloque A uno de los primeros edificios que se construyen en Montbau. Edificio de Planta Baja+10; Dispone de una única escalera con ascensor y los corredores conducen a cada una de las viviendas. Existen dos tipos de viviendas: 20 con dos dormitorios y 30 con tres (Ver figura 3.10 y 3.11). Estas viviendas están articuladas mediante una escalera interior que comunica los dos niveles. En el primer nivel la cocina y la sala comedor, -en el caso de tres habitaciones esta es mayor- y un aseo. En la segunda planta se encuentran las habitaciones -dos o tres según el caso- y un lavadero. El edificio está orientado al Nordeste – Suroeste, con la fachada de las salas orientado al sol de tarde. Es un sol favorable en invierno para la calefacción y que se debe manejar a través de elementos- persianas, cortinas, etc- en verano para evitar el sobrecalentamiento (Ver foto 3.11 y 3,12). El otro bloque dúplex, el N, esta situado en la misma orientación (Ver anexo 3.1 Planos de los proyectos).

Figura 3.10. Planta general nivel acceso bloque A. (Fuente: Proyecto ejecutivo. Archivo del PMH de Barcelona).

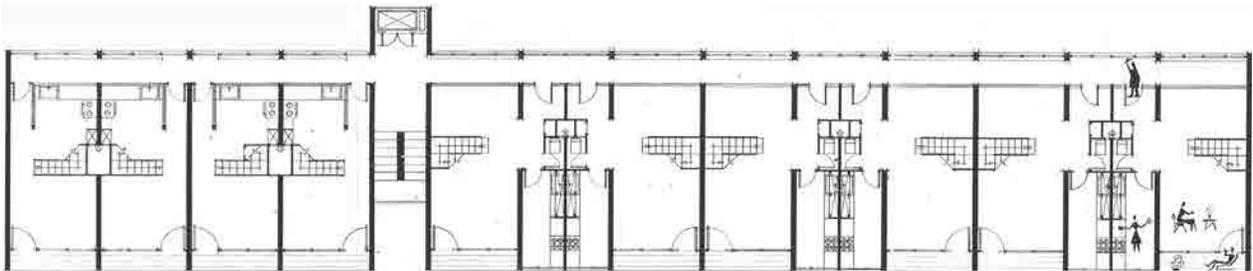


Figura 3.11. Planta general nivel piso bloque A. (Fuente: Proyecto ejecutivo. Archivo del PMH de Barcelona).

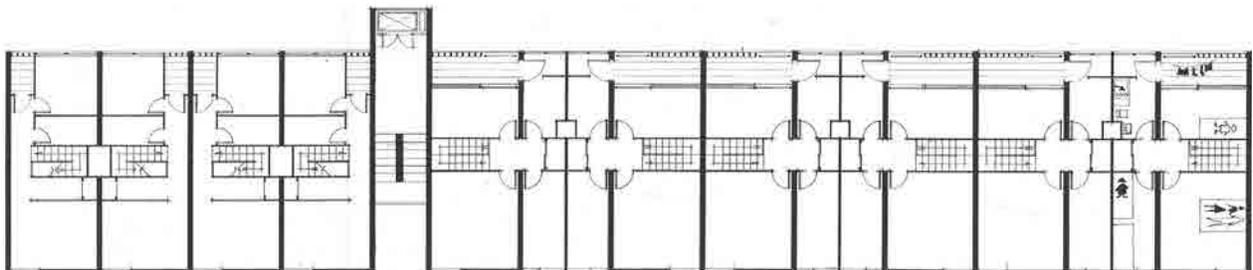




Foto 3.11. Fachada principal bloque A en 2010 (Fuente: Elaboración del autor).



Foto 3.12. Fachada posterior bloque A en 2010 (Fuente:Elaboración del autor).

E/F- Bloque lineal (viviendas por planta)

El Bloque E/F es la tipología de bloque de construcción mayoritaria en el Polígono. Son bloques de poca profundidad, donde las viviendas dan a las dos fachadas, asunto que permite una buena iluminación de todas las estancias y una buena ventilación cruzada para los meses de verano (Ver figura 3.12). Los bloques están paralelos a la avenida del Valle de Hebrón. La orientación es Sureste – Noroeste, la fachada Sureste recibe las máximas horas de sol, la posterior recibe muy pocas horas y sólo en época de verano. Esta última fachada tiene unas condiciones climáticas difíciles de manejar (Ver foto 3.13 y 3.14). En el caso E/F, la sala y dos habitaciones dan a la orientación sureste, la otra habitación, la cocina, el baño y el lavadero, dan a la otra orientación (Ver anexo 3.1 Planos de los proyectos).



Foto 3.13. Fachada principal bloque E-F en 2010 (Fuente: Elaboración del autor).



Foto 3.14. Fachada posterior bloque E-F en 2010 (Fuente: Elaboración del autor).

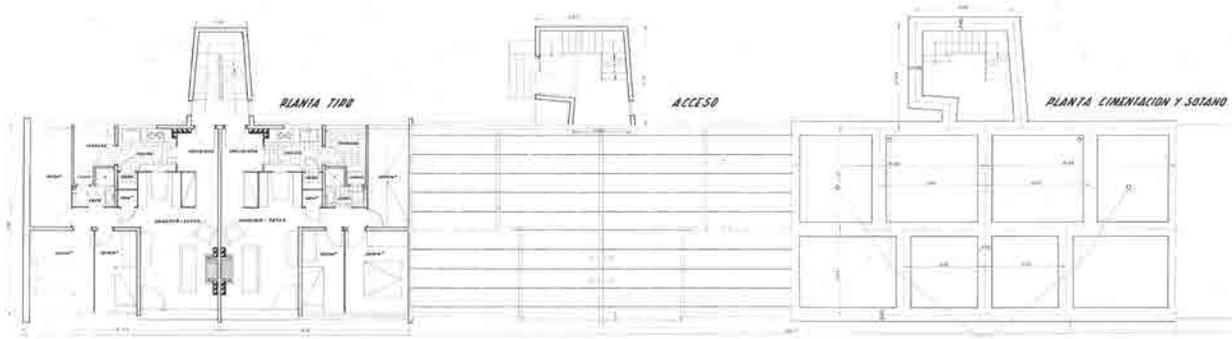


Figura 3.12. Planta tipo bloque E-F.
(Fuente: Proyecto ejecutivo. Archivo del PMH de Barcelona).

Q- Torre (4 viviendas por rellano)

El Bloque Q con la tipología de torre, tenemos nueve torres de quince plantas y 4 viviendas por rellano (Ver figura 3.13). Cuenta con dos distribuciones de viviendas, A y B. Las A están orientadas al sur, al igual que la sala y la cocina. Las tres habitaciones reciben el sol de la mañana o sol de la tarde. Los apartamentos tipo B, están posicionados hacia el este y al oeste, no poseen las mejores condiciones en cuanto a asoleo y ventilación; la sala y dos habitaciones, están orientadas hacia el Este, el otro apartamento recibe el sol de la tarde, las dos viviendas tienen el núcleo de servicios y una habitación orientados hacia el norte. En general todas las viviendas disponen de una buena ventilación e iluminación de todas sus estancias (Ver fotos 3.15 y 3.16 y anexo 3.1 Planos de los proyectos).

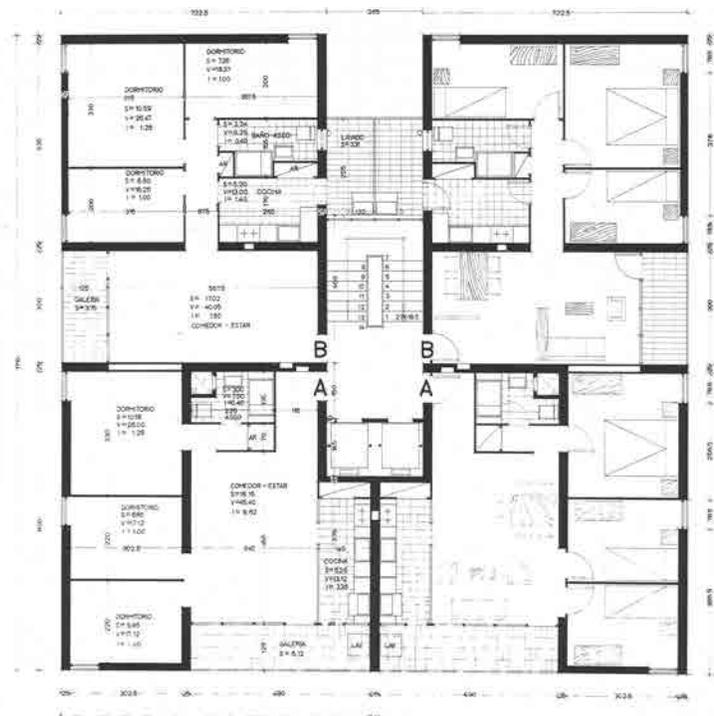


Foto 3.15. Fachada principal bloque Q en 2010 (Fuente: Elaboración del autor).



Foto 3.16. Fachada posterior bloque Q en 2010 (Fuente: Elaboración del autor).

Figura 3.13. Planta tipo bloque Q.
(Fuente: Proyecto ejecutivo. Archivo del PMH de Barcelona).



UNI14- (vivienda unifamiliar en hilera)

Existen dos conjuntos de viviendas unifamiliares en el núcleo de Montbau. Éste estudio se centra en una unidad de 14 viviendas adosadas UNI14 con talleres como complemento al centro comercial (Ver Figura 3.14 y 3.15). El conjunto está orientado como los bloques lineales, Sureste – Noroeste. El edificio está situado en un desnivel del terreno, se accede a la vivienda por la calle principal y siguiendo las condiciones de la topografía, una escalera comunica en un nivel inferior la planta taller colindante. Las viviendas van en pares y las distribuciones tendrán pequeñas diferencias. Su acceso por la fachada noroeste, dirige a un espacio distribuidor con la cocina a un lado y al fondo la sala; en la casa gemela, se llega directamente a la sala y al fondo se encuentra la cocina. A la planta superior se accede por una escalera, y se encuentran dos habitaciones individuales, una doble y un baño. Como en la planta inferior se giran las distribuciones. Al igual que en los bloques lineales se dispone de una fachada orientada al Sureste que permite óptimas condiciones ambientales y otra que no recibe las mismas condiciones. Se dispone iluminación natural en todas las estancias y ventilación cruzada. (Ver fotos 3.17 y 3.18 y Anexo 3.1 Planos de los proyectos)

Figura 3.14. Planta baja. (Fuente: Proyecto ejecutivo. Archivo del PMH de Barcelona).

Figura 3.15. Planta primera. (Fuente: Proyecto ejecutivo. Archivo del PMH de Barcelona).

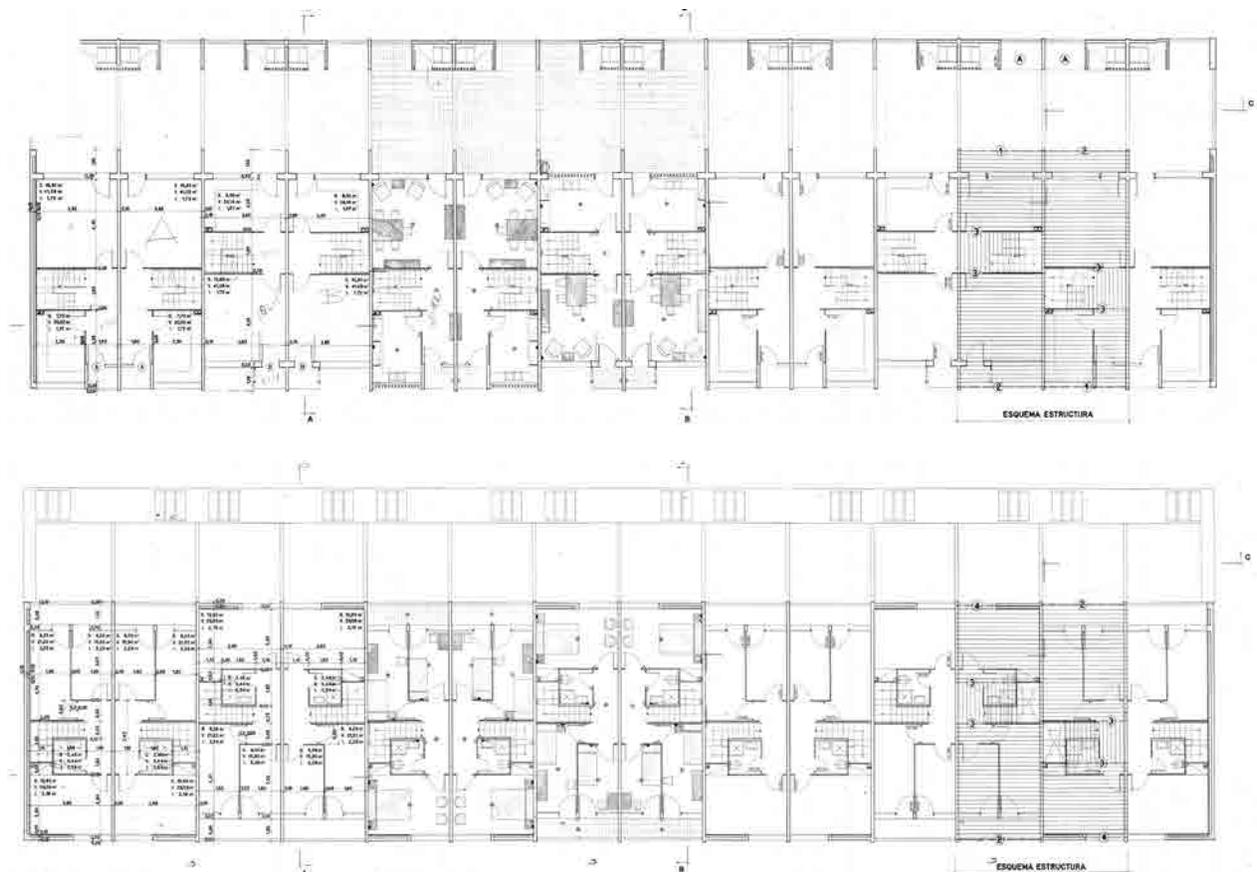




Foto 3.17. Fachada principal unifamiliar 14 en 2010 (Fuente: Elaboración del autor).



Foto 3.18. Fachada posterior unifamiliar 14 en 2010 (Fuente: Elaboración del autor).

3.7

Sistemas constructivos de la piel de los edificios del Barrio de Montbau

La piel del edificio separa del exterior, protege de las inclemencias y variabilidades del clima. Esta protección se ha formado con el paso del tiempo y en función del clima donde ésta el edificio. En climas cálidos secos, la temperatura es muy alta durante el día y baja de manera drástica durante la noche, estas condiciones llevan a la necesidad de paredes gruesas con pocas oberturas o subterráneas para conseguir el máximo de inercia térmica frente a las variaciones exteriores. En zonas cálido-húmedas, las temperaturas elevadas y lluvias frecuentes e intensas requieren de una arquitectura ligera, cuya piel será delgada y los techos protegerán de la radiación solar y la lluvia.

Las zonas frías y sus temperaturas bajas todo el año, principalmente en invierno, requieren de edificios compactos, aislados y con pocas aberturas para conservar el calor en el interior. Finalmente, el clima templado, con cambios variados a lo largo del año, es el clima más complejo ya que tiene que dar respuesta a todos los condicionantes que aparecen a lo largo del año. Desde el calor del verano al frío del invierno. La piel y las aberturas han de dar respuesta a esta variabilidad. Aberturas controladas con elementos de protección móviles y pieles aisladas para conservar el calor en invierno y evitar la entrada del calor en verano. En la mayoría de los casos expuestos, la envolvente y la sustentación del edificio eran una única solución constructiva, la piel sustentaba el edificio y protegía del exterior. Las soluciones constructivas fueron surgiendo de la experiencia y el trabajo de generaciones para adaptarse y protegerse del medio natural²⁴.

24 Sera Florensa, R. (1999).

La separación entre envolvente y estructura propicia la aparición de nuevas superficies de cerramiento. Este cerramiento transmite sobre la estructura su peso propio y otras cargas como el viento. Esta separación se da en la arquitectura moderna por la aparición de nuevas tecnologías constructivas tanto estructurales, hormigón y acero, como las nuevas envolventes que definen a los edificios. En general, la piel no sostiene al edificio y cambia su composición. Estas nuevas tendencias quedan reflejadas en algunos edificios del Polígono de Montbau, donde observamos tres sistemas básicos de pieles: muros de hormigón (pantallas y prefabricados), muros de bloques de hormigón y muros cerámicos. De cada uno de los anteriores tenemos diversas variantes constructivas. De cada edificio se realizaron fichas constructivas y se hace la evaluación del comportamiento térmico, la transmitancia U de cada cerramiento, y una comparación con los requisitos actuales. (Ver fichas constructivas y de transmitancia de los edificios de Montbau).

Del cuadro resumen se puede concluir que muchos edificios continúan con muros de carga cerámicos, esto se debe a que es un sistema constructivo común y sencillo, del cual se dispone de experiencia. Por otro lado, los edificios de mayores alturas (A, N y Q) requerían de sistemas estructurales novedosos y se necesitó de estructuras de hormigón, pilares y pantallas. También se experimentó con sistemas prefabricados como en los edificios C-D, donde se utilizan estos sistemas tanto a nivel estructural como de cerramiento.

Del estudio de las envolventes se desprende que la mayoría de los edificios tienen grandes pérdidas de energía, ninguno dispone de

aislamiento en sus cerramientos - con la excepción del bloque L que dispone de 5 cm de lana aislante en la cubierta-.

Por lo tanto, las condiciones de confort de los edificios son deficientes y es necesario disponer de sistemas que consuman energía para conseguirlo. Constructivamente y como resultado de este tipo de pieles, se producen humedades debido a la composición de estos cerramientos con los consiguientes problemas constructivos: caída de pinturas, morteros, hongos, etc.

Se realizó, para éste estudio el análisis del estado de los cuatro edificios tipológicos escogidos: Bloque A dúplex, Bloque E-F lineal, Bloque Q torre, Vivienda unifamiliar UNI14. También se realizaron fichas resumen de los diversos edificios del conjunto-

Para analizar el estado de los edificios se ha utilizado la termografía infrarroja, técnica que permite ver la temperatura de una superficie, sin tener ningún contacto con ella. Las cámaras termográficas miden esta energía con sus sensores de infrarrojos, asunto que permite determinar la temperatura de una superficie a distancia, en tiempo real y sin contacto alguno. La inspección de edificios mediante estas permite la supervisión y el diagnóstico del estado de los edificios; la visualización de las pérdidas de energía de los cerramientos, las diferencias del aislamiento entre cerramientos, los puentes térmicos, así como la localización de las fugas de aire, humedades y filtraciones, entre otros.

Se realizó este estudio en los edificios tipo estudiados para comprobar el estado en que se encuentran y si los datos de trabajo son coincidentes con los obtenidos de los proyectos y revisados en el lugar.

Cuadro 3.3. Resumen de tipologías constructivas según bloque.

NOMBRE DEL EDIFICIO	Estructura de hormigón	Estructura de muros de carga cerámicos	Muros Pantalla de hormigón	Muros de hormigón prefabricado	Muros de bloques de hormigón	Muros cerámicos	Cubierta plana	Cubierta inclinada	Carpintería Metálica con vidrio sencillo	Carpintería Madera con vidrio sencillo
BLOQUES A	X		X			X	X		X	
BLOQUES B	X		X			X	X		X	
BLOQUES C - D	X			X			X			X
BLOQUES E - F	X				X		X		X	
BLOQUES G		X				X	X			X
BLOQUE H		X				X	X			X
BLOQUES I		X				X	X			X
BLOQUES J		X				X	X			X
BLOQUES K		X				X	X			X
BLOQUES L		X				X	X		X	
BLOQUES N	X		X			X	X			X
UNIFAMILIAR 14		X				X	X			X
UNIFAMILIAR 52		X				X	X			X
BLOQUES P		X				X	X			X
BLOQUES Q	X					X	X			X
BLOQUES R		X				X	X			X

A- Bloque Dúplex (distribución por corredor común)

Edificio de Planta baja más 10 pisos con viviendas tipo dúplex, construido en 1958-59 por los arquitectos G. Giraldez Dávila, P. Lopez Iñigo y J. Subias Fages.

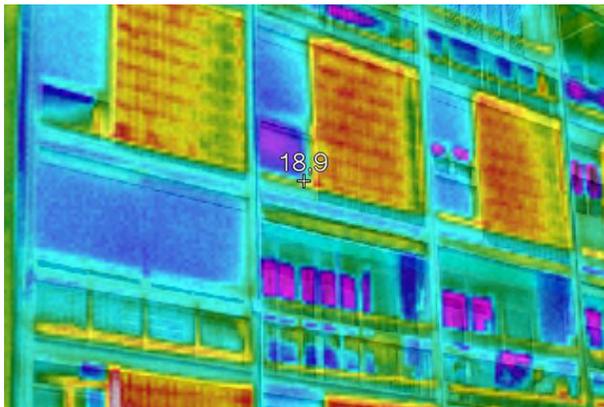
Estructura de Muros pantalla de hormigón. El Cerramiento exterior está formado - de interior a exterior- por yeso, tabique cerámico de 5cm, cámara de aire de 10 cm, tabique cerámico de 5 cm, mortero de 3 cm y aplacado con baldosa vitrificada. El muro medianero está formado por un muro de hormigón armado de 20 cm. El forjado unidireccional de hormigón es de 25 cm de grueso, con enyesado inferior y pavimento de piedra artificial. La cubierta está formada por un enyesado, forjado unidireccional de 25 cm, cámara de aire de 10 cm, ladrillo cerámico de grandes dimensiones sobre tabiques conejeros y plaqueta cerámica. Las oberturas están formadas por carpintería metálica con un vidrio sencillo de 4 mm.

Al observar la fachada Suroeste se constata que las mayores pérdidas de energía se producen a través paramentos verticales opacos (Ver foto 19 y 21) pues son cerramientos ligeros cerámicos que tienen un alto coeficiente de transmisión térmica. En segundo lugar, se comprueba la pérdida de energía a través de las paredes portantes de hormigón y los forjados.

Las fotografías 23 y 25 corresponden a la fachada Noreste y al testero. Observamos en este, a través del entramado estructural de las pantallas de hormigón, una elevada pérdida de energía. En la medianera, se ve la superposición sobre las paredes de hormigón de planchas metálicas que protegen el muro de la lluvia. La fachada Noroeste tiene menores pérdidas de energía ya que en esta orientación tenemos los pasillos de acceso a las viviendas, cerrados con paredes y ventanas, y los lavaderos – tendederos que la gente ha cerrado al exterior, - creando una amortiguación a las pérdidas de energía por esta fachada.

Foto 3.19. Termografía detalle fachada Suroeste Bloque A en 2012 (Fuente: Elaboración del autor).

Foto 3.20. Fachada detalle Suroeste Bloque A en 2012 (Fuente: Elaboración del autor).



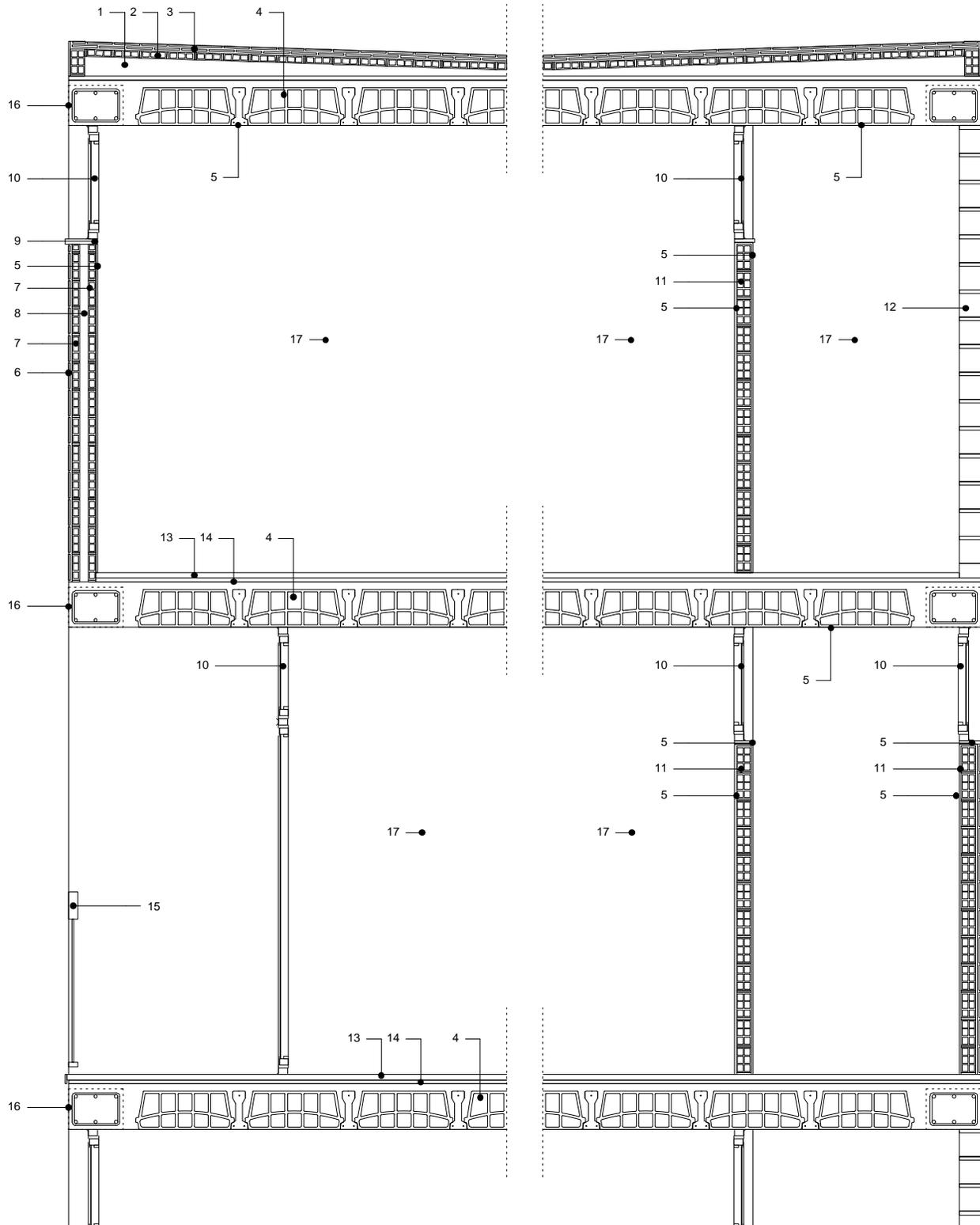


Figura 3.16. Detalle constructivo Bloque A. (Fuente: elaboración propia en base a los proyectos del archivo de PMH Barcelona). 1. Material de relleno, 2. Ladrillo de gran tamaño, 3. Doble capa de rasilla, 4. Forjado con bovedillas cerámicas y bigas de hormigón, 5. Enyesado, 6. Azulejo cerámico vitrificado, 7. Tabique cerámico de ladrillo hueco de 5 cm, 8. Cámara de aire, 9. Vierteaguas de piedra artificial., 10. Ventana metálica con vidrio sencillo, 11. Tabique cerámico de ladrillo hueco de 10 cm, 12. Celosía cerámica, 13. Pavimento de piedra artificial de 3cm, 14. Capa de mortero, 15. Barandilla, 16. Canto de forjado visto, 17. Muro – pantalla de hormigón armado de 20 cm en divisorias i medianeras.

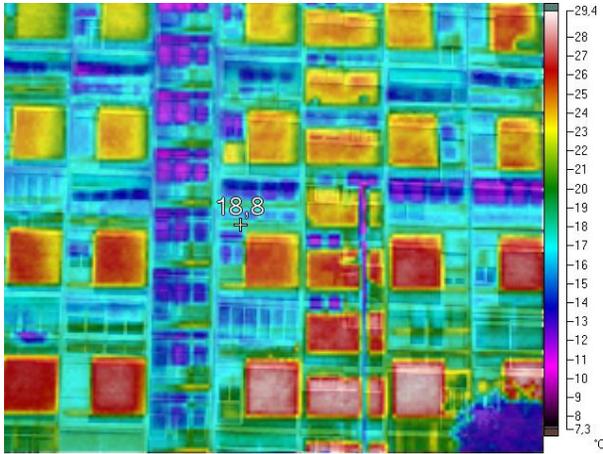


Foto 3.21. Termografía fachada Suroeste Bloque A en 2012 (Fuente: Elaboración del autor).



Foto 3.22. Fachada Suroeste Bloque A en 2012 (Fuente: Elaboración del autor).

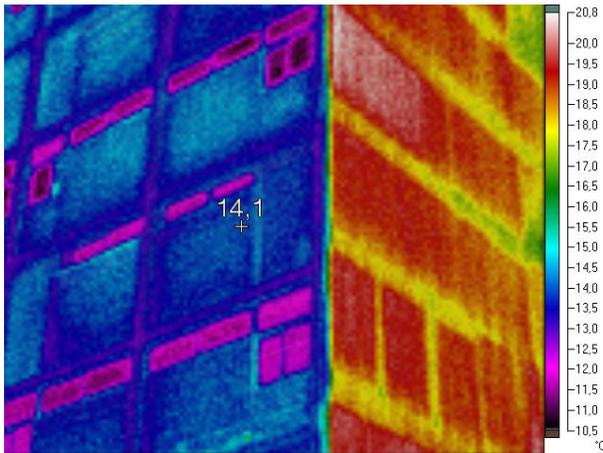


Foto 3.23. Termografía fachada Noreste y testero Bloque A en 2012 (Fuente: Elaboración del autor).

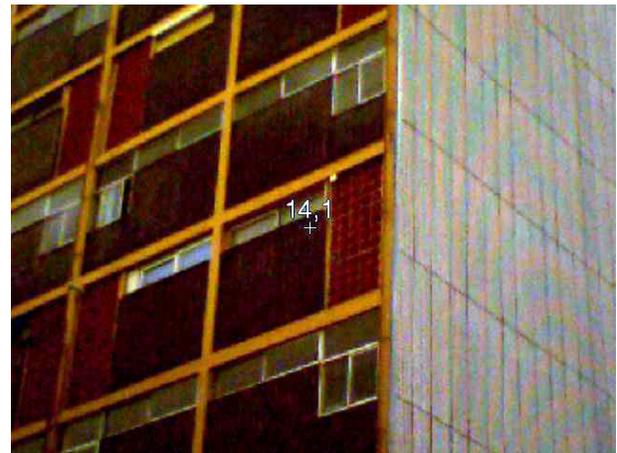


Foto 3.24. Fachada Noreste y testero Bloque A en 2012 (Fuente: Elaboración del autor).

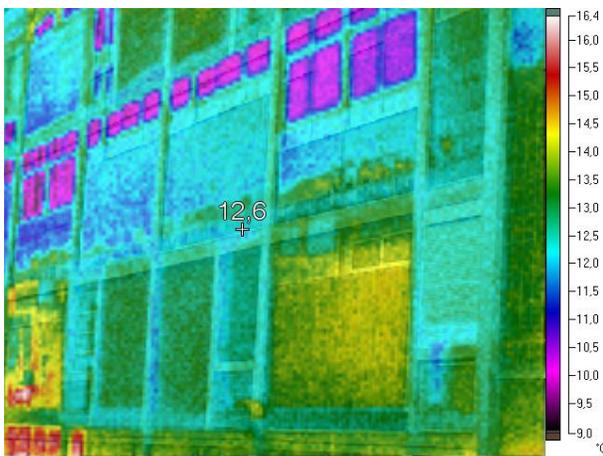


Foto 3.25. Termografía fachada Noreste Bloque A en 2012 (Fuente: Elaboración del autor).



Foto 3.26. Fachada Noreste en 2012 Bloque A (Fuente: Elaboración del autor).

Con estas imágenes se constatan los puntos débiles de la fachada y las zonas principales de pérdida de energía a través de esta.

E/F- Bloque lineal (viviendas por planta)

Edificio de planta baja y cuatro alturas con dos viviendas por rellano, construido en 1959 por el arquitecto Lorenzo G. Barbón.

Estructura de muros de bloque de hormigón. El cerramiento exterior esta formado - de interior a exterior - por yeso, bloque de hormigón de 17 cm y mortero de cemento de 3cm. El muro medianero, compuesto por yeso, bloque de hormigón de 34 cm y mortero de cemento de 3 cm. El forjado unidireccional es de hormigón de 25 cm de grueso, enyesado inferior y pavimento de piedra artificial. La cubierta está formada por un enyesado, forjado cerámico unidireccional de 25 cm, hormigón celular para la formación de pendientes, tela asfáltica y pavimento de rasilla. Las oberturas están formadas por carpintería metálica con un vidrio sencillo de 4 mm.

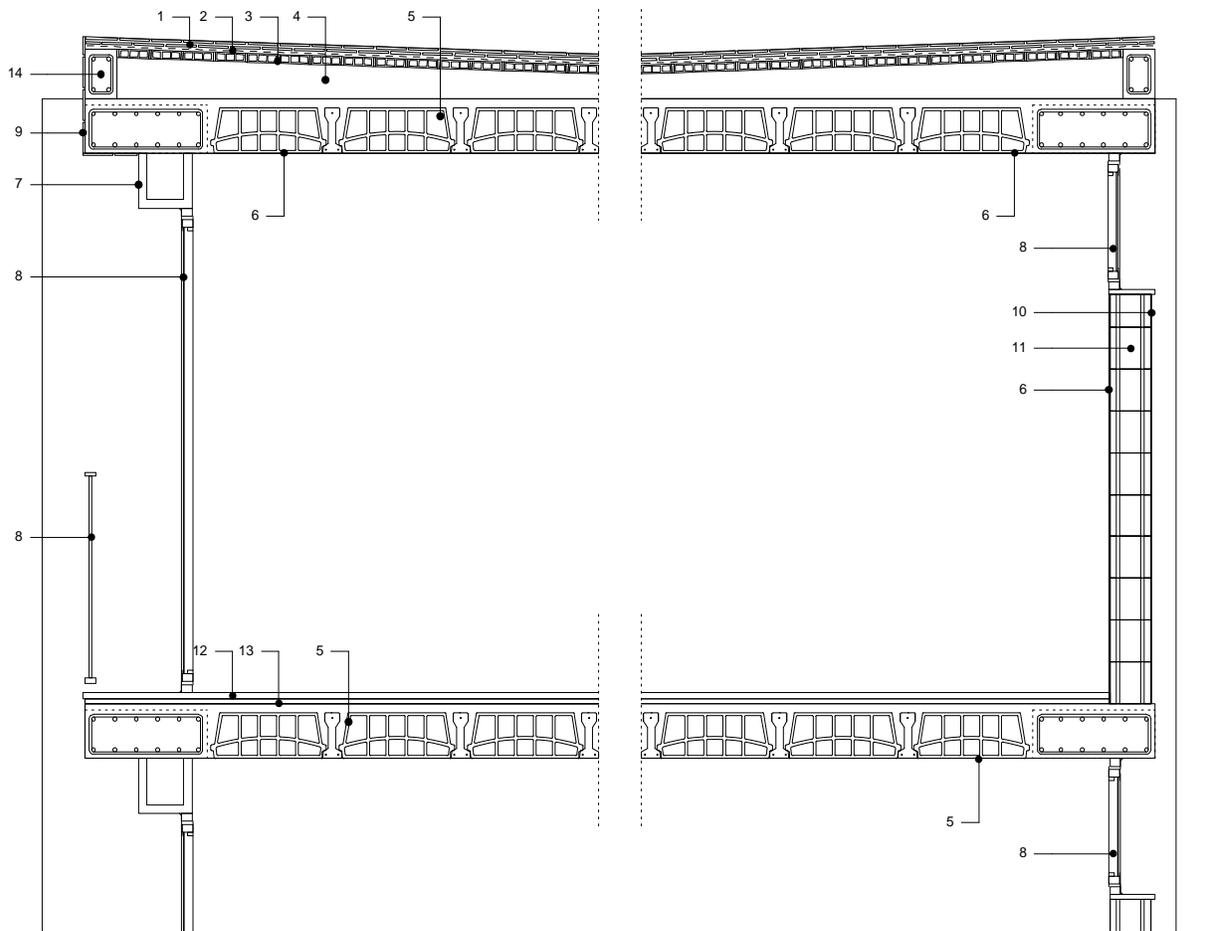


Figura 3.17. Detalle constructivo Bloque E/F. (Fuente: elaboración propia en base a los proyectos del archivo de PMH Barcelona) 1. Doble capa de rasilla, 2. Tela asfáltica, 3. Ladrillo de gran tamaño, 4. Material de relleno, 5. Forjado con bovedilla cerámica y vigas de hormigón, 6. Enyesado 1 cm, 7. Dintel cerámico, 8. Carpintería metálica vidrio sencillo, 9. Aplacado cerámico "plavit" azul, 10. Moreteado de cemento pintado 3 cm, 11. Bloque de Hormigón 19x19x39 cm, 12. Mosaico hidráulico de 30x30 cm, 13. Capa de mortero, 14. Remate de cornisa de hormigón armado, 15. Barandilla.

Las fotografías termográficas 27 y 29 correspondientes a las fachadas Sureste y testero. Evidencia una pérdida de energía considerable a través de los cerramientos verticales. La mayor pérdida se produce a través del testero, -el proyecto original proponía un doble muro de bloque que seguramente no se realizó-. En general, las pérdidas son homogéneas tanto a través de los muros como a través de la carpintería, con una diferencia entre unas y otras de alrededor de 6 °C. La fachada posterior está orientada al Noroeste y por ella, en época de invierno, se producirá una mayor pérdida de energía y por consiguiente, condiciones menos aceptables de confort. En las fotografías termográficas 31 y 33 se evidencia, -con los forjados y las salidas de los muros de bloque-, puntos más fríos que pueden producir condensaciones en el interior y por lo tanto humedades.

Las fotografías y los análisis ratifican las pérdidas de energía, tanto a través de los paramentos opacos como de la carpintería.

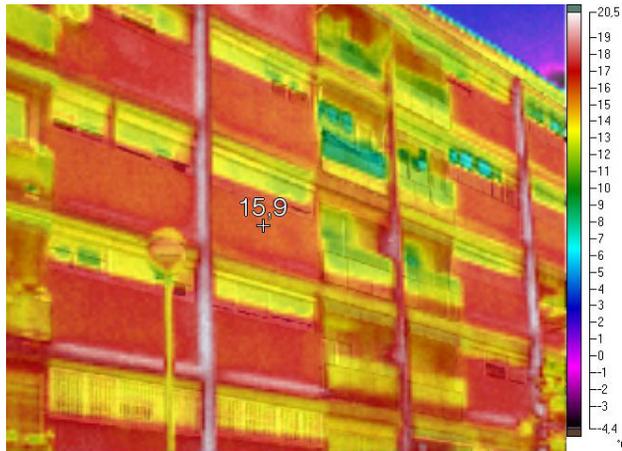


Foto 3.27. Termografía fachada Sureste Bloque EF en 2012 (Fuente: Elaboración del autor).



Foto 3.28. Fachada Sureste Bloque EF en 2012 (Fuente: Elaboración del autor).

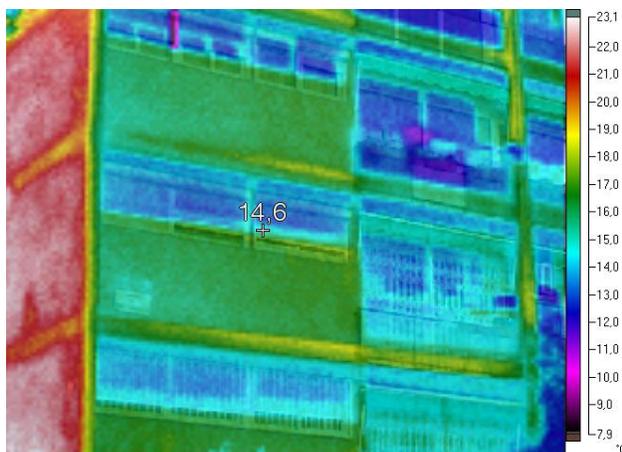


Foto 3.29. Termografía Sureste y testero Bloque EF en 2012 (Fuente: Elaboración del autor).



Foto 3.30. Fachada Sureste y testero Bloque EF en 2012 (Fuente: Elaboración del autor).

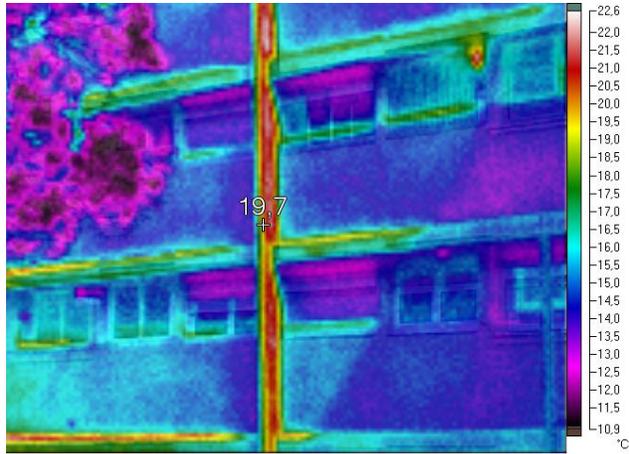


Foto 3.31. Termografía fachada Noroeste Bloque EF en 2012 (Fuente: Elaboración del autor).



Foto 3.32. Fachada Noroeste Bloque EF en 2012 (Fuente: Elaboración del autor).

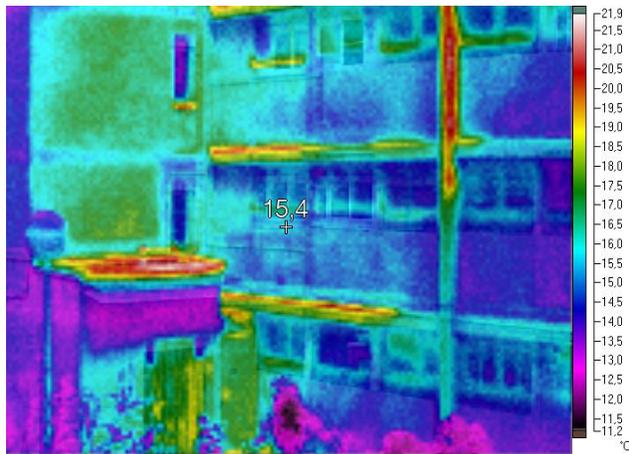


Foto 3.33. Termografía Noroeste y escalera Bloque EF en 2012 (Fuente: Elaboración del autor).



Foto 3.34. Fachada Noroeste y escalera Bloque EF en 2012 (Fuente: Elaboración del autor).

Q- Torre (4 viviendas por rellano)

Edificio de planta baja y catorce plantas con cuatro viviendas por planta, construido entre 1961-1964 por los arquitectos J. Soteras, M. Baldrich, A. Bonet, P. López – Iñigo.

Estructura de muros de hormigón de 25 cm. El cerramiento exterior esta formado por yeso, tabique cerámico de 5 cm, cámara de aire de 10 cm, tabique cerámico de 5 cm, mortero de cemento de 3 cm. Forjado unidireccional de hormigón de 25 cm de grueso, enyesado inferior y pavimento de piedra artificial. La cubierta está formada por un enyesado, forjado cerámico unidireccional de 25 cm, cámara de aire, ladrillo cerámico de grandes dimensiones sobre tabiques conejeros y plaqueta cerámica. Las oberturas están formadas por carpintería de madera con un vidrio sencillo de 4 mm.

Las termografías de la fachada Este - foto 35 y 37- evidencian la pérdida de energía a través de los elementos opacos. A parte de los muros, las cajas de persiana permiten un escape de energía de igual intensidad. En la fotografía 36, se ven las galerías que han sido cerradas con elementos de obra. Las fotografías 39 y 41 corresponden a las orientaciones Oeste y Norte. En la orientación Norte, se protegieron – a posteriori- los muros de cerramiento con una chapa metálica con un material de aislamiento, asunto que lleva a manifestar un nivel de temperatura baja, en comparación con las temperaturas de las otras fachadas. Esto se evidencia en la Foto 39, donde las lecturas de las temperaturas del cerramiento son menores que las de la fachada general.

A este edificio se le realizaron en los años posteriores a su construcción, una serie de reformas, entre otras, una intervención en la fachada norte que mejora su comportamiento.

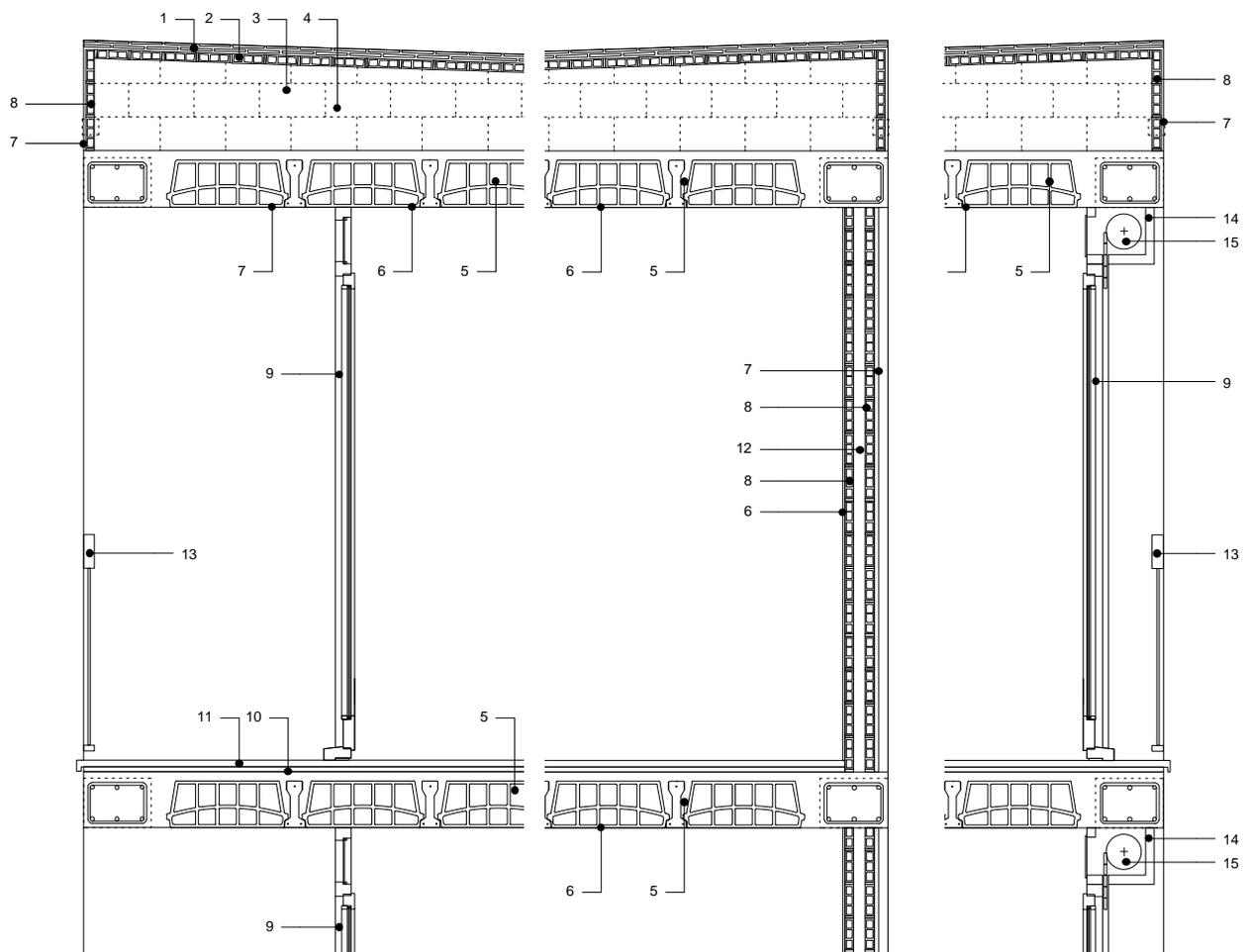


Figura 3.18. Detalle constructivo Bloque Q. (Fuente: elaboración propia en base a los proyectos del archivo de PMH Barcelona). 1. Doble capa de rasilla, 2. Ladrillo de gran tamaño, 3. Tabiques conejeros, 4. Cámara ventilada, 5. Forjado con bovedilla cerámica y biga de hormigón. 6. Enyesado 1cm, 7. Mortero, 8. Tabique cerámico de ladrillo hueco de 5 cm, 9. Carpintería de madera con vidrio sencillo, 10. Capa de mortero, 11. Mosaico Hidráulico de 25x25, 12. Cámara de aire de 5 cm, 13. Barandilla, 14. Caja de persianas cerámica, 15. Persiana.

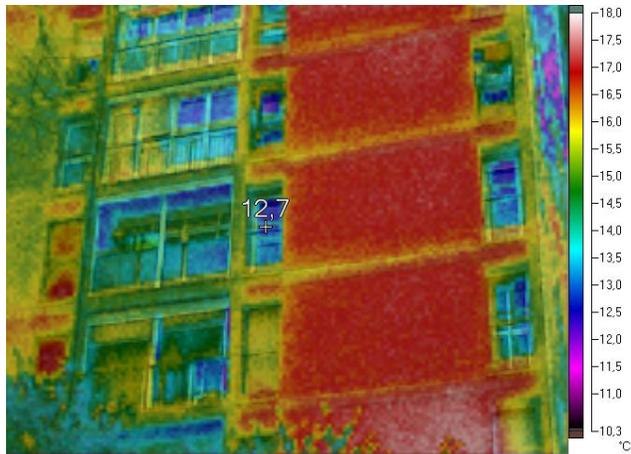


Foto 3.35. Termografía fachada Sur Bloque Q en 2012 (Fuente: Elaboración del autor).



Foto 3.36. Fachada Sur Bloque Q en 2012 (Fuente: Elaboración del autor).

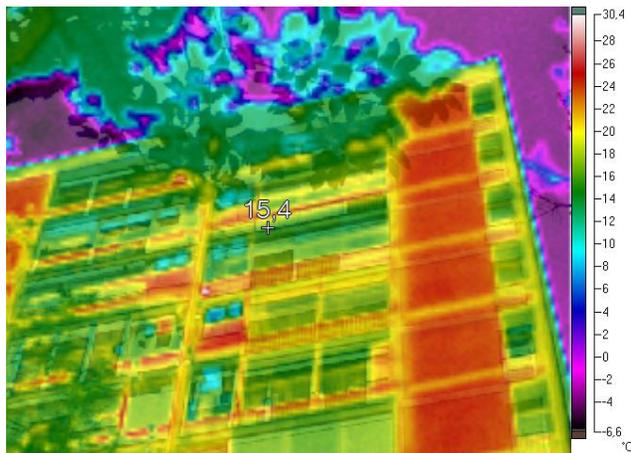


Foto 3.37. Termografía fachada general Sur Bloque q en 2012 (Fuente: Elaboración del autor).



Foto 3.38. Fachada general Sur Bloque Q en 2012 (Fuente: Elaboración del autor).

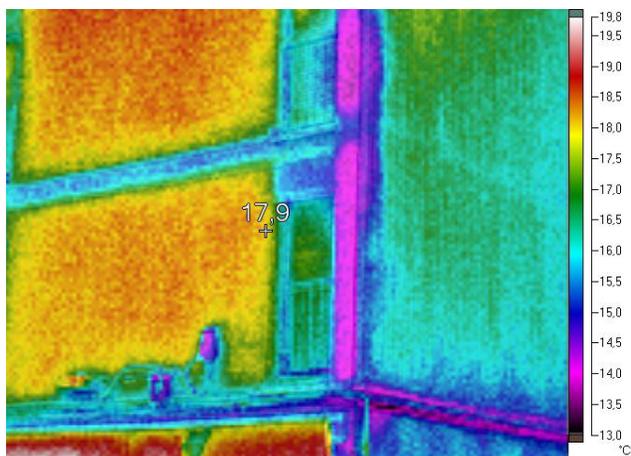


Foto 3.39. Termografía fachada Noreste Bloque Q en 2012 (Fuente: Elaboración del autor).

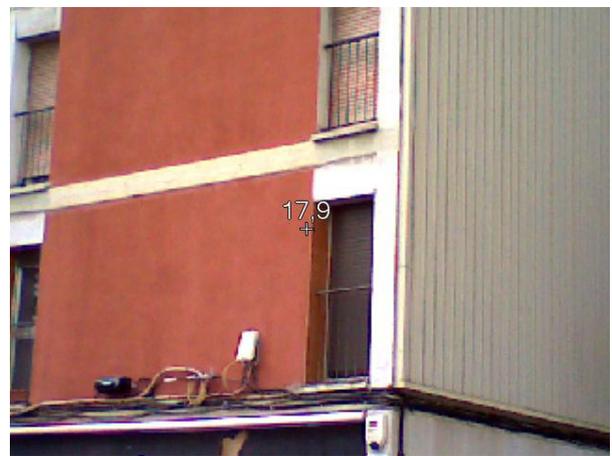


Foto 3.40. Fachada Noreste Bloque Q en 2012 (Fuente: Elaboración del autor).

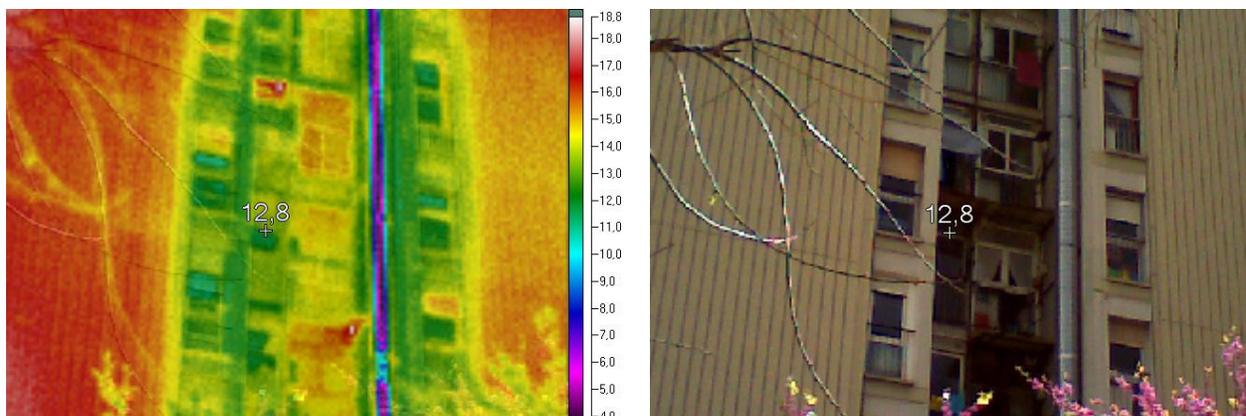


Foto 3.41. Termografía fachada Norte Bloque q en 2012 (Fuente: Elaboración del autor).

Foto 3.42. Fachada Norte Bloque Q en 2012 (Fuente: Elaboración del autor).

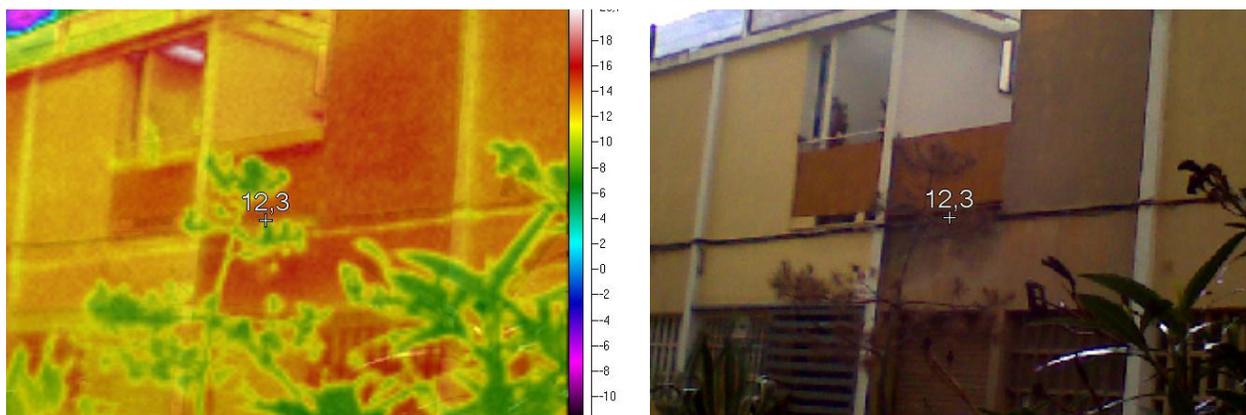
Foto 3.43. Termografía fachada Noroeste y medianera unifamiliar 14 en 2012 (Fuente: Elaboración del autor).

Foto 3.44. Fachada Noroeste y medianera unifamiliar 14 en 2012 (Fuente: Elaboración del autor).

Uni 14- vivienda unifamiliar en hilera-

Conjunto de 14 viviendas unifamiliares con taller anexo, construido entre 1961-1963 por Francisco Basso Birulés y Joaquín Gili Moros. Estructura de muros de carga cerámicos. El cerramiento exterior esta formado por un enyesado, ladrillo hueco cerámico de 5 cm, cámara de aire de 10 cm, ladrillo perforado de 15 cm, mortero de cemento y aplacado vidriado, un forjado unidireccional de hormigón de 25 cm de grueso, enyesado inferior y pavimento de piedra artificial. La cubierta está formada por un enyesado, forjado cerámico unidireccional de 25 cm, cámara de aire, ladrillo cerámico de grandes dimensiones sobre tabiques conejeros y plaqueta cerámica. Las oberturas están formadas por carpintería de madera con un vidrio sencillo de 4 mm.

Las fotografías termográficas 43 y 45 evidencian la perdida de energía por la medianera del edificio, construida con doble grosor de ladrillo. La fachada principal, evidencia en los laterales de las ventanas, donde el ladrillo gira y comunica el interior con el exterior, pérdidas de energía, aunque son menores que de las del testero. La fachada posterior, los talleres, tienen unas pérdidas homogéneas en todo su cerramiento casi sin distinción entre elementos opacos y transparentes.



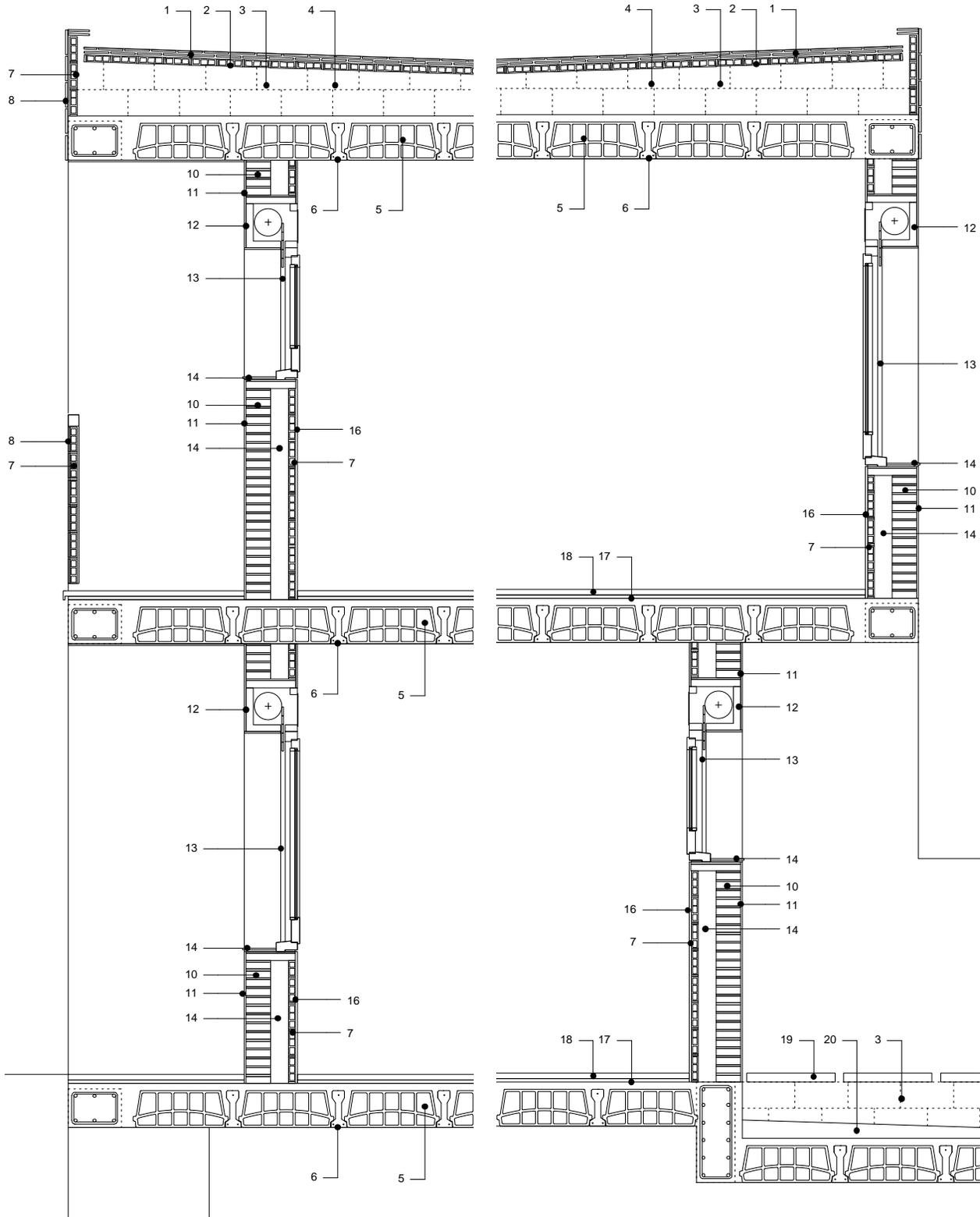


Figura 3.19. Detalle constructivo Unifamiliar 14. (Fuente: elaboración propia en base a los proyectos del archivo de PMH Barcelona). 1. Doble capa de rasilla, 2. Ladrillo de gran tamaño, 3. Tabiques conejeros, 4. Cámara ventilada, 5. Forjado con bovedilla cerámica y biga de hormigón. 6. Enyesado 1cm, 7. Tabique cerámico de ladrillo hueco de 5 cm, 8. Aplacado cerámico, 9. Remate Barandilla de madera, 10. Ladrillo perforado de 15 cm, 11. Mortero pintado, 12. Caja de persianas cerámico, 13. Carpintería de madera con vidrio sencillo, 14. Vierteaguas cerámico, 15. Cámara de aire de 10 cm, 16. Enyesado, 17. Capa de mortero pintado, 18. Mosaico hidráulico de 30x30 cm, 19. Pavimento de piedra artificial armada, 20. Hormigón de pendientes.

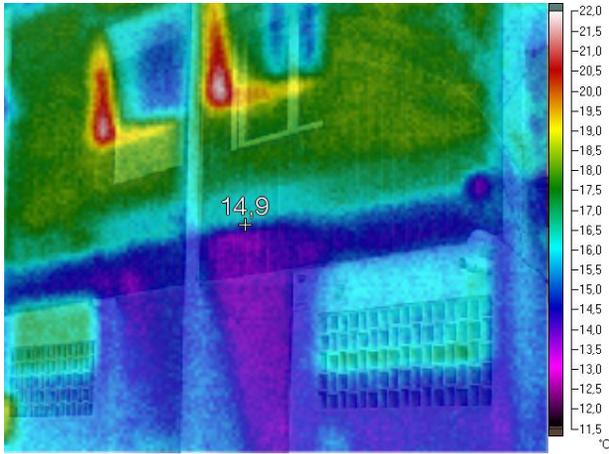


Foto 3.45. Termografía fachada noroeste unifamiliar 14 en 2012 (Fuente: Elaboración del autor).



Foto 3.46. Fachada noroeste unifamiliar 14 en 2012 (Fuente: Elaboración del autor).

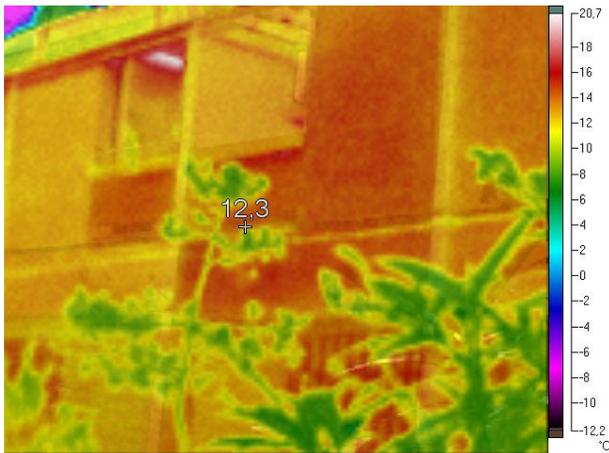


Foto 3.47. Termografía fachada Sureste unifamiliar 14 en 2012 (Fuente: Elaboración del autor).



Foto 3.48. Fachada Sureste unifamiliar 14 en 2012 (Fuente: Elaboración del autor).

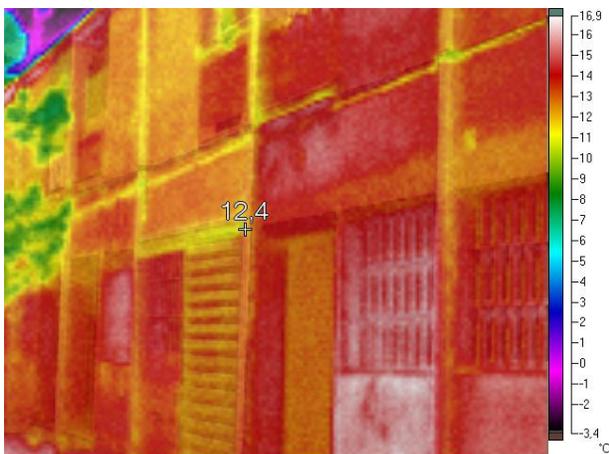


Foto 3.49 Termografía fachada Sureste con los locales, unifamiliar 14 en 2012 (Fuente: Elaboración del autor).

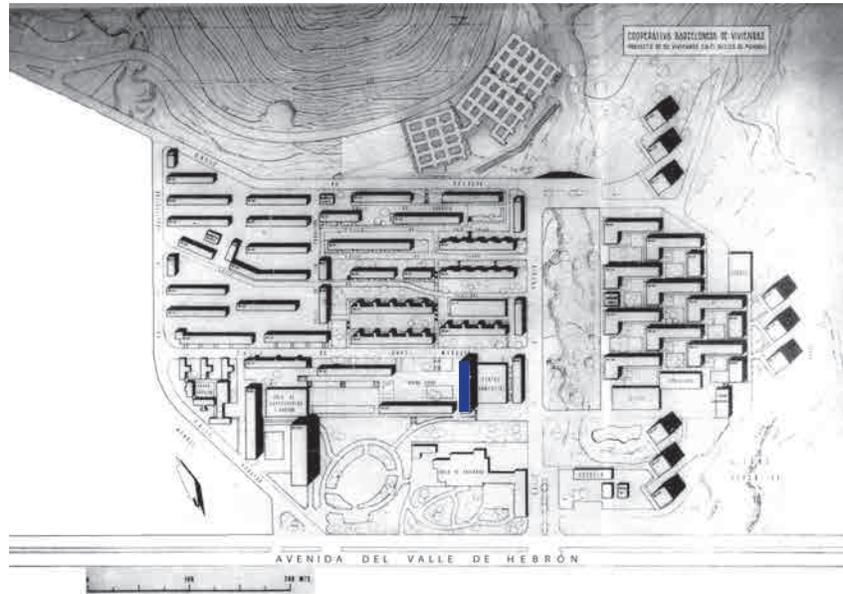


Foto 3.50. Fachada Sureste con los locales unifamiliar 14 en 2012 (Fuente: Elaboración del autor).

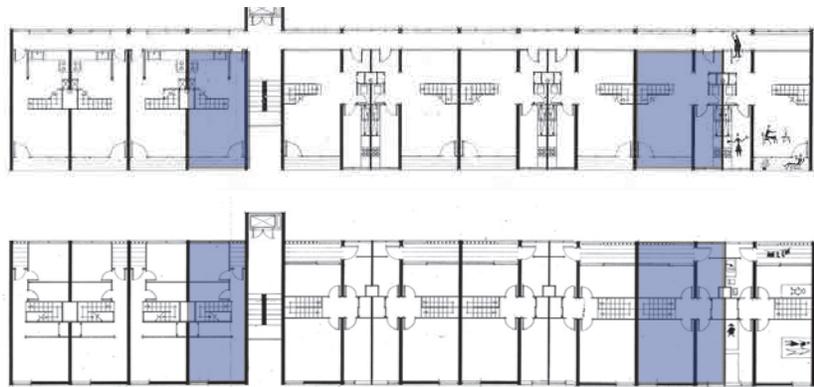
3.8

Fichas constructivas y de transmitancias de los edificios del Barrio de Montbau

A



Plaza de Montbau, proyecto mayo 1958, arquitecto: G. Giraldez, P. Lopez Iñigo y J. Subias. Edificio de planta baja+10, viviendas tipo dúplex, 50 viviendas, 20 de 2 dormitorios y 30 de 3 dormitorios. Única escalera de acceso y corredor de distribución. En el primer nivel tenemos sala - comedor, cocina y aseo. Al segundo se accede por una escalera interior con dos o tres habitaciones y un baño. La superficie útil de la vivienda es de 71,68 m² (3d)



Descripción

Edificio de muros pantalla de hormigón, cerramientos de fachada cerámica con acabado vidriado. Forjado de hormigón unidireccional de 25 cm. Cubierta plana con cámara de aire y acabado de baldosa cerámica. Carpintería metálica y vidrio sencillo

MURO EXTERIOR

Capas	Cond. W/mK	Grosor m	Resist m2K/W
1 1/hi			0,04
2 Yeso	0,57	0,01	
3 Tabique cerámico	0,445	0,05	
4 Camara de aire 10cm			0,19
5 Tabique cerámico	0,445	0,05	
6 Mortero de cemento	0,55	0,03	
7 Aplacado vidriado	1	0,01	
8			
9			
10 1/he			0,13

U cerramiento	1,500 W/m2 K
----------------------	---------------------

U max	0,950 W/m2 K
--------------	---------------------

MURO MEDIANERO

Capas	Cond. W/mK	Gruix m	Resist m2K/W
1 1/hi			0,04
2 Hormigón armado	2,3	0,2	
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10 1/he			0,13

U cerramiento	3,892 W/m2 K
----------------------	---------------------

U max	0,950 W/m2 K
--------------	---------------------

FORJADO

Capas	Cond. W/mK	Gruix m	Resist m2K/W
1 1/hi			0,04
2 F uni. hormigón 250			0,19
3 Enyesado	0,4	0,01	
4 Piedra artificial	1,3	0,05	
5			
6			
7			
8			
9			
10 1/he			0,10

U cerramiento	2,542 W/m2 K
----------------------	---------------------

U max	0,950 W/m2 K
--------------	---------------------

CUBIERTA

Capas	Cond. W/mK	Gruix m	Resist m2K/W
1 1/hi			0,04
2 plaqueta cerámica	1	0,04	
3 supermaón	0,228	0,05	
4 Camara de aire 10cm			0,19
5 F uni. hormigón 250			0,19
6 enyesado	0,4	0,01	
7 xx	1	0	
8			
9			
10 1/he			0,10

U cerramiento	1,243 W/m2 K
----------------------	---------------------

U max	0,530 W/m2 K
--------------	---------------------

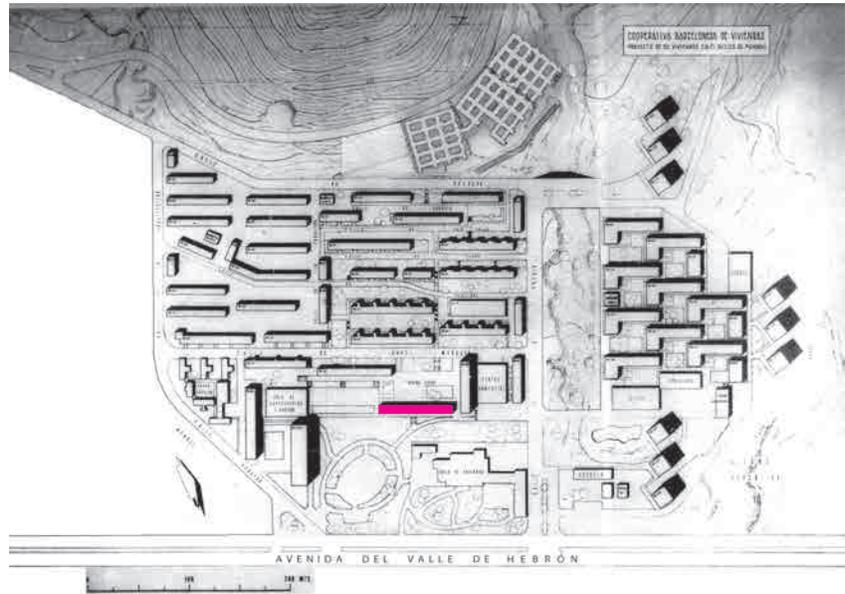
CRISTAL

	F_S g	U W/m2 K
Crystal senzillo 4	1	5,7
U cerramiento	5,700 W/m2 K	
U max	4,400 W/m2 K	

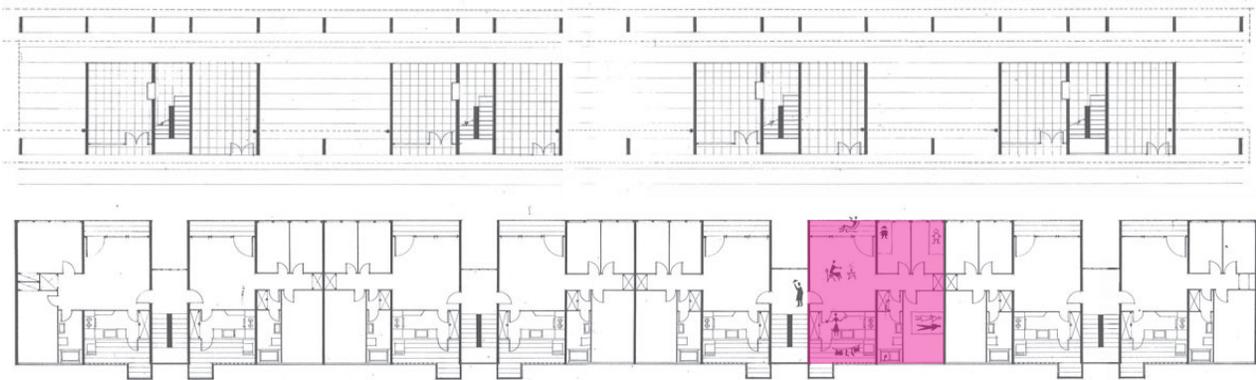
CARPINTERIA

	U W/m2 K
Marco metálico normal	5,7
U cerramiento	5,700 W/m2 K
U max	4,400 W/m2 K

B



Plaza de Montbau, proyecto mayo 1958, arquitecto G. Giraldez, P. Lopez Iñigo y J. Subias. Edificio de planta baja+4 con 4 escalas. Dos viviendas per rellano, 32 viviendas de 3 dormitorios. Las viviendas se componen de sala - comedor, cocina con lavadero, baño y 3 habitaciones. La superficie útil de la vivienda es de 58,40 m².



Descripción

Edificio de muros pantalla de hormigón, cerramientos de fachada cerámicos, forjados de hormigón unidireccional de 25 cm. Cubierta plana con cámara de aire y acabado de baldosa cerámica. Carpintería metálica y vidrio sencillo

MURO EXTERIOR

Capas	Cond. W/mK	Grosor m	Resist m ² K/W
1 1/hi			0,04
2 Yeso	0,57	0,01	
3 Tabique cerámico	0,445	0,05	
4 Camara de aire 10cm			0,19
5 Tabique cerámico	0,445	0,05	
6 Mortero de cemento	0,55	0,03	
7 Aplacado vidriado	1	0,01	
8			
9			
10 1/he			0,13

U cerramiento 1,500 W/m² K

U max 0,950 W/m² K

MURO MEDIANERO

Capas	Cond. W/mK	Gruix m	Resist m ² K/W
1 1/hi			0,04
2 Hormigón armado	2,3	0,2	
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10 1/he			0,13

U cerramiento 3,892 W/m² K

U max 0,950 W/m² K

FORJADO

Capas	Cond. W/mK	Gruix m	Resist m ² K/W
1 1/hi			0,04
2 F uni. hormigón 250			0,19
3 Enyesado	0,4	0,01	
4 Piedra artificial	1,3	0,05	
5			
6			
7			
8			
9			
10 1/he			0,10

U cerramiento 2,542 W/m² K

U max 0,950 W/m² K

CUBIERTA

Capas	Cond. W/mK	Gruix m	Resist m ² K/W
1 1/hi			0,04
2 plaqueta cerámica	1	0,04	
3 supermaón	0,228	0,05	
4 Camara de aire 10cm			0,19
5 F uni. hormigón 250			0,19
6 enyesado	0,4	0,01	
7 xx	1	0	
8			
9			
10 1/he			0,10

U cerramiento 1,243 W/m² K

U max 0,530 W/m² K

CRISTAL SENCILLO

	F_S g	U W/m ² K
Cristal senzillo 4	1	5,7
U cerramiento	5,700	W/m² K
U max	4,400	W/m² K

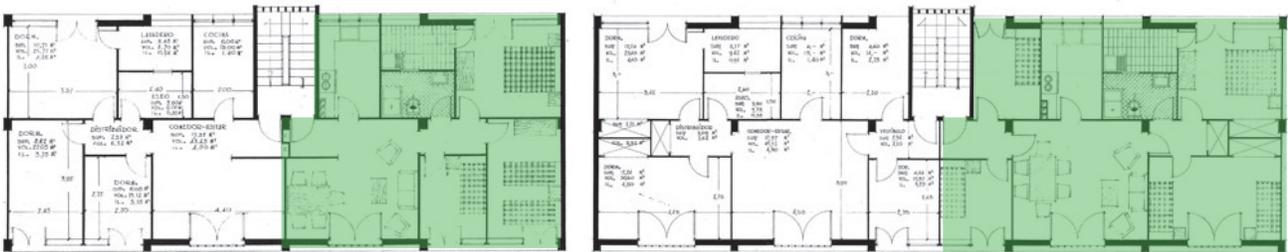
CARPINTERIA

	U W/m ² K
Marco metálico normal	5,7
U cerramiento	5,700 W/m² K
U max	4,400 W/m² K

C-D



Calle Ángel Marqués, proyecto mayo 1958, arquitectos: J. Casamayor, M. Dargallo, E. Giralt. Edificio de planta baja+4, dos viviendas per planta. Bloque C dos escaleras y tipologías "a" (3d) - "b" (4d). Bloque D dos escaleras y tipología "a". Tipología "a" 24 ut, tipología "b" 8ut, total 32 viv. Las viviendas están compuestas de sala - comedor, cocina, aseo, lavadero y 3/4 habitaciones. Superficie útil a =58,57 m². B=72,96 m²



Descripción

Estructura de pilares in situ, forjados prefabricados de hormigón. Fachadas con muros prefabricados de hormigón. Cubierta plana con cámara de aire ligeramente ventilada y panel prefabricado de hormigón. Carpintería de madera con vidrio sencillo.

MURO EXTERIOR Y MEDIANERO

Capas	Cond. W/mK	Grosor m	Resist m2K/W
1 1/hi			0,04
2 Yeso	0,57	0,01	
3 Panel pref. horm	2,3	0,17	
4 Mortero de cemento	0,55	0,03	
5	1	0	
6	1	0	
7	1	0	
8			
9			
10 1/he			0,13
U cerramiento		3,165 W/m2 K	
U max		0,950 W/m2 K	

Capas	Cond. W/mK	Gruix m	Resist m2K/W
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10 1/he			
U cerramiento		W/m2 K	
U max		0,950 W/m2 K	

FORJADO

Capas	Cond. W/mK	Gruix m	Resist m2K/W
1 1/hi			0,04
2 Panel prefabricado H	2,3	0,25	
3 Enyesado	0,4	0,01	
4 Piedra artificial	1,3	0,05	
5			
6			
7			
8			
9			
10 1/he			0,10
U cerramiento		3,204 W/m2 K	
U max		0,950 W/m2 K	

CUBIERTA

Capas	Cond. W/mK	Gruix m	Resist m2K/W
1 1/hi			0,04
2 plaqueta cerámica	1	0,04	
3 supermaón	0,228	0,05	
4 Camara de aire 10cm			0,19
5 Panel prefabricado H	2,3	0,25	
6 enyesado	0,4	0,01	
7	1	0	
8			
9			
10 1/he			0,10
U cerramiento		1,383 W/m2 K	
U max		0,530 W/m2 K	

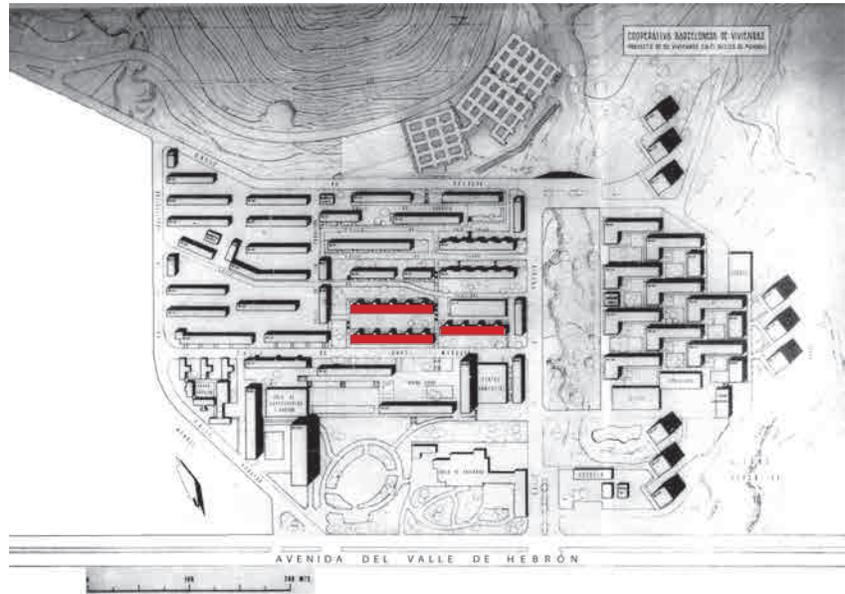
CRISTAL

	F_S g	U W/m2 K
Crystal senzillo 4	1	5,7
U cerramiento		5,700 W/m2 K
U max		4,400 W/m2 K

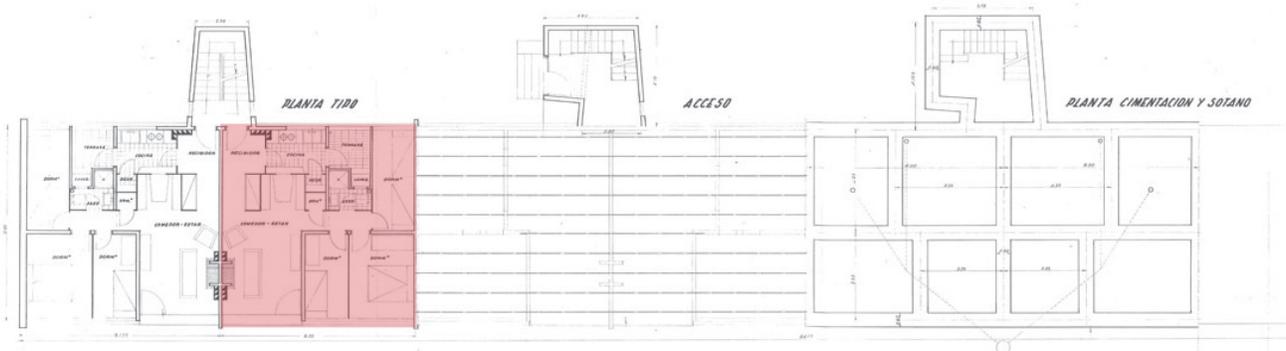
CARPINTERIA

	U W/m2 K	
Marco madera con persiana	5,7	
U cerramiento		5,700 W/m2 K
U max		4,400 W/m2 K

E-F



Calle Angel Marqués, proyecto mayo 1958, arquitecto: Lorenzo G. Barbón. Edificio de planta baja+4 (todas viviendas), dos viviendas por planta, bloque F 5 escaleras y bloque E 4 escaleras, 140 viviendas de 3 dormitorios. Las viviendas se componen de sala - comedor, cocina, aseo, lavadero, distribuidor, terraza y 3 habitaciones. Superficie útil =60,00 m².



Descripción

Estructura de muros de carga de bloque de hormigón. Medianeras de doble bloque. Forjado cerámico unidireccional. Cubierta plana con hormigón de pendientes y tela asfáltica protegida y baldosa cerámica. Carpintería metálica con cristal sencillo.

MURO EXTERIOR

Capas	Cond. W/mK	Grosor m	Resist m2K/W
1 1/hi			0,04
2 Yeso	0,57	0,01	
3 Bloque de hormigón	0,77	0,17	
4 mortero de cemento	0,55	0,03	
5	1	0	
6	1	0	
7	1	0	
8			
9			
10 1/he			0,13
U cerramiento		2,449 W/m2 K	
U max		0,950 W/m2 K	

MURO MEDIANERO

Capas	Cond. W/mK	Gruix m	Resist m2K/W
1 1/hi			0,04
2 Yeso	0,57	0,01	
3 Bloque de hormigón	0,77	0,34	
4 Mortero de cemento	0,55	0,03	
5			
6			
7			
8			
9			
10 1/he			0,13
U cerramiento		1,463 W/m2 K	
U max		0,950 W/m2 K	

FORJADO

Capas	Cond. W/mK	Gruix m	Resist m2K/W
1 1/hi			0,04
2 Forjado cerámico 25			0,28
3 Enyesado	0,4	0,01	
4 Piedra artificial	1,3	0,05	
5			
6			
7			
8			
9			
10 1/he			0,10
U cerramiento		2,068 W/m2 K	
U max		0,950 W/m2 K	

CUBIERTA

Capas	Cond. W/mK	Gruix m	Resist m2K/W
1 1/hi			0,04
2 Forjado cerámico 25			0,28
3 Hormigón celular	1,15	0,1	
4 Tela asfáltica	0,25	0,01	
5 Rasila	1,13	0,04	
6 enyesado	0,4	0,01	
7			
8			
9			
10 1/he			0,10
U cerramiento		1,646 W/m2 K	
U max		0,530 W/m2 K	

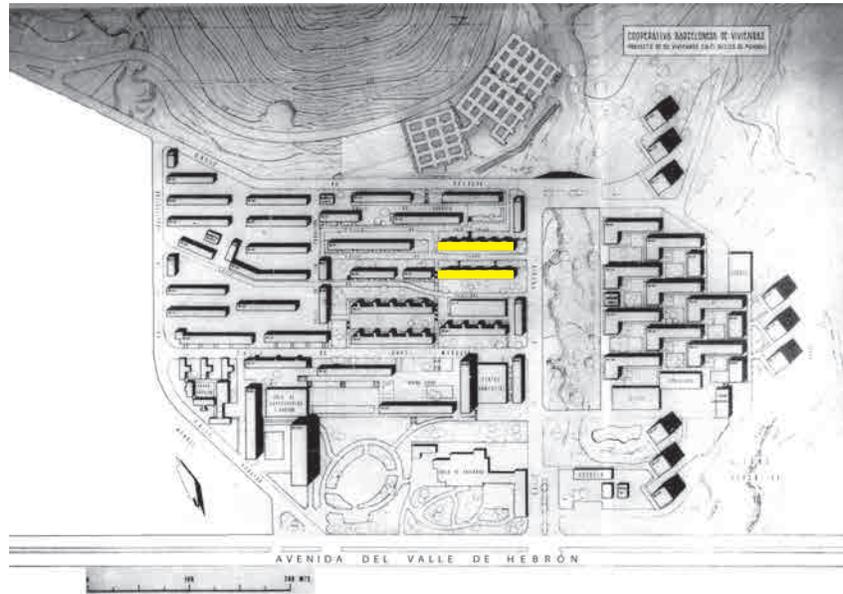
CRISTAL

	F_S g	U W/m2 K
Cristal senzillo 4	1	5,7
U cerramiento		5,700 W/m2 K
U max		4,400 W/m2 K

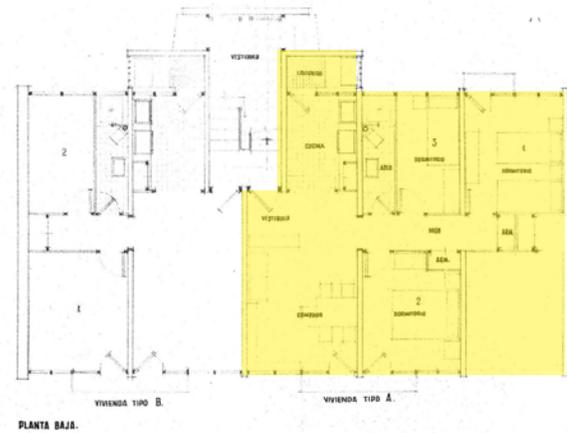
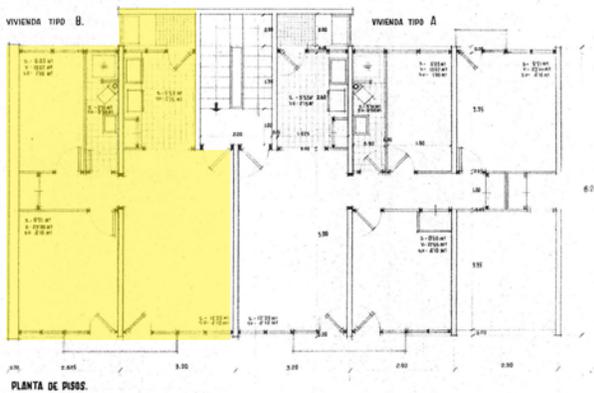
CARPINTERIA

	U W/m2 K	
Marco metálico normal	5,7	
U cerramiento		5,700 W/m2 K
U max		4,400 W/m2 K

G



Calles Benlliure y Clarà Ayats, proyecto mayo 1959, arquitecto: Jose Soterias Mauri. Edificio de planta baja+4 (todas viviendas), dos viviendas por planta, dos bloques de 5 escaleras, 80 viviendas "a" (3d), 20 viviendas "b" (2d). Las viviendas están compuestas de sala - comedor, cocina, aseo, lavadero, distribuidor, terraza y 2/3 habitaciones. Superficie útil a =54,89 m², superficie útil b=43,65 m²



Descripción

Estructura de muros de carga cerámicos. Medianera 30 cm cerámica. Forjado cerámico unidireccional. Cubierta plana con hormigón de pendientes y tela asfáltica protegida per baldosa cerámica. Carpintería de madera con cristal sencillo.

MURO EXTERIOR

Capas	Cond. W/mK	Grosor m	Resist m ² K/W
1 1/hi			0,04
2 Yeso	0,57	0,01	
3 Ladrillo perf. 5cm gr	0,6944	0,15	
4 mortero de cemento	0,55	0,01	
5 Placa de gresite	2,3	0,01	
6	1	0	
7	1	0	
8			
9			
10 1/he			0,13
U cerramiento		2,347 W/m² K	
U max		0,950 W/m² K	

MURO EXTERIOR

Capas	Cond. W/mK	Grosor m	Resist m ² K/W
1 1/hi			0,04
2 Yeso	0,57	0,01	
3 Ladrillo perf. 5cm gr	0,6944	0,3	
4 mortero de cemento	0,55	0,03	
5 Placa de gresite	2,3	0,01	
6	1	0	
7	1	0	
8			
9			
10 1/he			0,13
U cerramiento		1,474 W/m² K	
U max		0,950 W/m² K	

FORJADO

Capas	Cond. W/mK	Gruix m	Resist m ² K/W
1 1/hi			0,04
2 Forjado cerámico 25			0,28
3 Enyesado	0,4	0,01	
4 Piedra artificial	1,3	0,05	
5			
6			
7			
8			
9			
10 1/he			0,10
U cerramiento		2,068 W/m² K	
U max		0,950 W/m² K	

CUBIERTA

Capas	Cond. W/mK	Gruix m	Resist m ² K/W
1 1/hi			0,04
2 Forjado cerámico 25			0,28
3 Hormigón celular	1,15	0,1	
4 Tela asfáltica	0,25	0,01	
5 Rasila	1,13	0,04	
6 enyesado	0,4	0,01	
7			
8			
9			
10 1/he			0,10
U cerramiento		1,646 W/m² K	
U max		0,530 W/m² K	

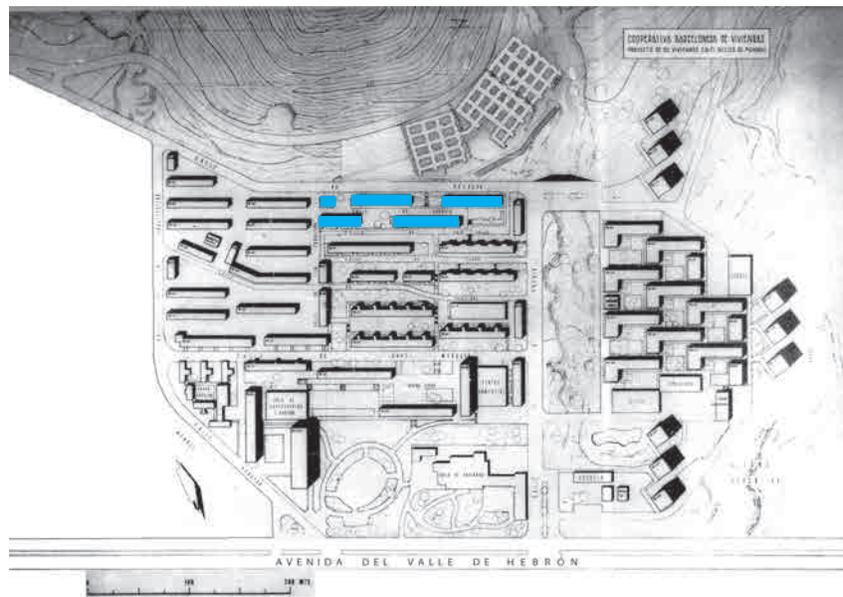
CRISTAL

	F_S g	U W/m ² K
Crystal senzillo 4	1	5,7
U cerramiento		5,700 W/m² K
U max		4,400 W/m² K

CARPINTERIA

	U W/m ² K	
Marco y persiana madera	5,7	
U cerramiento		5,700 W/m² K
U max		4,400 W/m² K

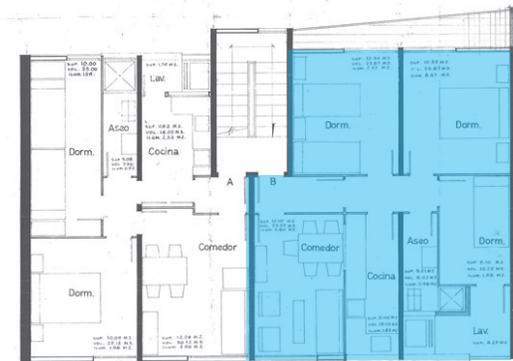
H



Calles Roig Solé y Sorolla, proyecto mayo 1959, arquitectos: I. Jara, A de Sotomayor. Edificio de planta baja+4 (todas vivienda), dos viviendas por planta, cinc bloques con diferentes configuraciones, 150 viviendas. Las viviendas están compuestas de sala - comedor, cocina, aseo, lavadero, distribuidor, terraza y 2/3 habitaciones. Superficie útil a=54,09 m² (2d), superficie útil b=60,00 m² (3d)



PLANTA BAJA
ESCALA 1:50.



PLANTA PISC



Descripción

Estructura de muros portantes cerámicos, cerramiento exterior cerámico con acabado de baldosa cerámica vidriada. Medianera 30 cm cerámica. Forjado cerámico unidireccional. Cubierta plana con hormigón de pendientes y tela asfáltica protegida per baldosa cerámica. Carpintería de madera con cristal sencillo.

MURO EXTERIOR

Capas	Cond. W/mK	Grosor m	Resist m2K/W
1 1/hi			0,04
2 Yeso	0,57	0,01	
3 Ladrillo perf. 5cm gr	0,6944	0,15	
4 mortero de cemento	0,55	0,01	
5 Baldosa ceràmica	1,3	0,01	
6	1	0	
7	1	0	
8			
9			
10 1/he			0,13
U cerramiento		2,329 W/m2 K	
U max		0,950 W/m2 K	

MURO EXTERIOR

Capas	Cond. W/mK	Grosor m	Resist m2K/W
1 1/hi			0,04
2 Yeso	0,57	0,01	
3 Ladrillo perf. 5cm gr	0,6944	0,3	
4 mortero de cemento	0,55	0,03	
5	1	0	
6	1	0	
7	1	0	
8			
9			
10 1/he			0,13
U cerramiento		1,483 W/m2 K	
U max		0,950 W/m2 K	

FORJADO

Capas	Cond. W/mK	Gruix m	Resist m2K/W
1 1/hi			0,04
2 Forjado cerámico 25			0,28
3 Enyesado	0,4	0,01	
4 Piedra artificial	1,3	0,05	
5			
6			
7			
8			
9			
10 1/he			0,10
U cerramiento		2,068 W/m2 K	
U max		0,950 W/m2 K	

CUBIERTA

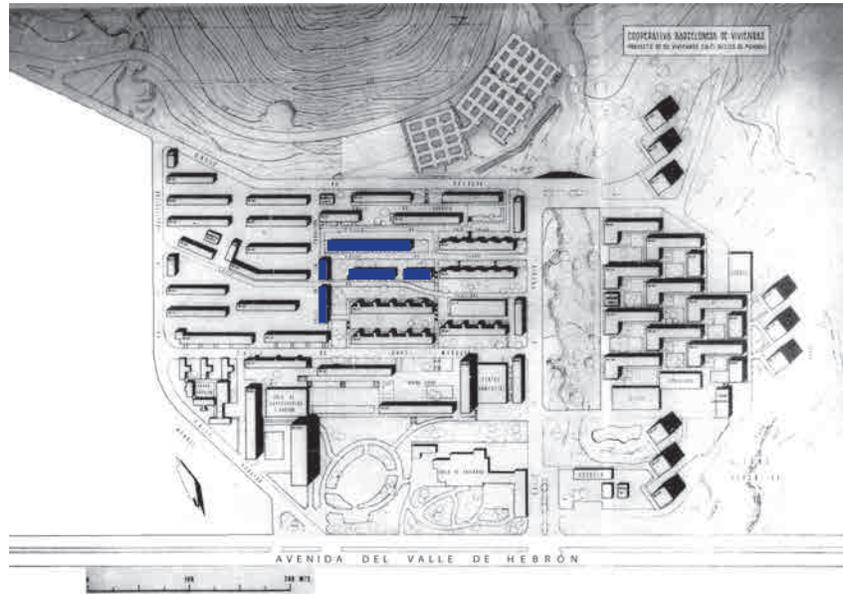
Capas	Cond. W/mK	Gruix m	Resist m2K/W
1 1/hi			0,04
2 Forjado cerámico 25			0,28
3 Hormigón celular	1,15	0,1	
4 Tela asfáltica	0,25	0,01	
5 Rasilla	1,13	0,04	
6 enyesado	0,4	0,01	
7			
8			
9			
10 1/he			0,10
U cerramiento		1,646 W/m2 K	
U max		0,530 W/m2 K	

CRISTAL

	F_S g	U W/m2 K
Cristal senzillo 4	1	5,7
U cerramiento		5,700 W/m2 K
U max		4,400 W/m2 K

CARPINTERIA

	U W/m2 K	
Marco y persiana madera	5,7	
U cerramiento		5,700 W/m2 K
U max		4,400 W/m2 K



Calles Benlliure, Pintura y Escultura, proyecto mayo 1958, arquitectos: F. Escudero, A. Tagarro. Edificio de planta baja+5, dos viviendas por planta, pasera en i4 que da acceso a 3 viviendas, cinco bloques con cinco tipologías de vivienda, 140 viviendas. Las viviendas están compuestas mayoritariamente de sala - comedor, cocina, aseo, lavadero distribuidor y 2/3 habitaciones. Superficie útil a=49,11 m² (3d), superficie útil b=55,68 m² (3d)



Descripción

Estructura de muros portantes cerámicos, cerramiento exterior 15 cm, cámara de 5 cm y tabique 10 cm. Medianera 30 cm cerámica. Forjado cerámico unidireccional. Cubierta plana con hormigón de pendientes y tela asfáltica protegida per baldosa cerámica. Carpintería de madera con cristal sencillo.

MURO EXTERIOR

Capas	Cond. W/mK	Grosor m	Resist m ² K/W
1 1/hi			0,04
2 Yeso	0,57	0,01	
3 Tabique dobleperforad	0,1818	0,1	
4 Camara de aire			0,18
5 Ladrillo perf. 5 cm	0,6944	0,15	
6 Mortero de cemento	0,55	0,02	
7 Baldosa Ceràmica	1,3	0,01	
8			
9			
10 1/he			0,13

U cerramiento **0,849 W/m² K**

U max **0,950 W/m² K**

MURO EXTERIOR

Capas	Cond. W/mK	Grosor m	Resist m ² K/W
1 1/hi			0,04
2 Yeso	0,57	0,01	
3 Ladrillo perf. 5cm gr	0,6944	0,3	
4 mortero de cemento	0,55	0,03	
5 Baldosa ceràmica	1,3	0,01	
6	1	0	
7	1	0	
8			
9			
10 1/he			0,13

U cerramiento **1,467 W/m² K**

U max **0,950 W/m² K**

FORJADO

Capas	Cond. W/mK	Gruix m	Resist m ² K/W
1 1/hi			0,04
2 Forjado cerámico 25			0,28
3 Enyesado	0,4	0,01	
4 Piedra artificial	1,3	0,05	
5			
6			
7			
8			
9			
10 1/he			0,10

U cerramiento **2,068 W/m² K**

U max **0,950 W/m² K**

CUBIERTA

Capas	Cond. W/mK	Gruix m	Resist m ² K/W
1 1/hi			0,04
2 Forjado cerámico 25			0,28
3 Hormigón celular	1,15	0,1	
4 Tela asfàtica	0,25	0,01	
5 Rasila	1,13	0,04	
6 enyesado	0,4	0,01	
7			
8			
9			
10 1/he			0,10

U cerramiento **1,646 W/m² K**

U max **0,530 W/m² K**

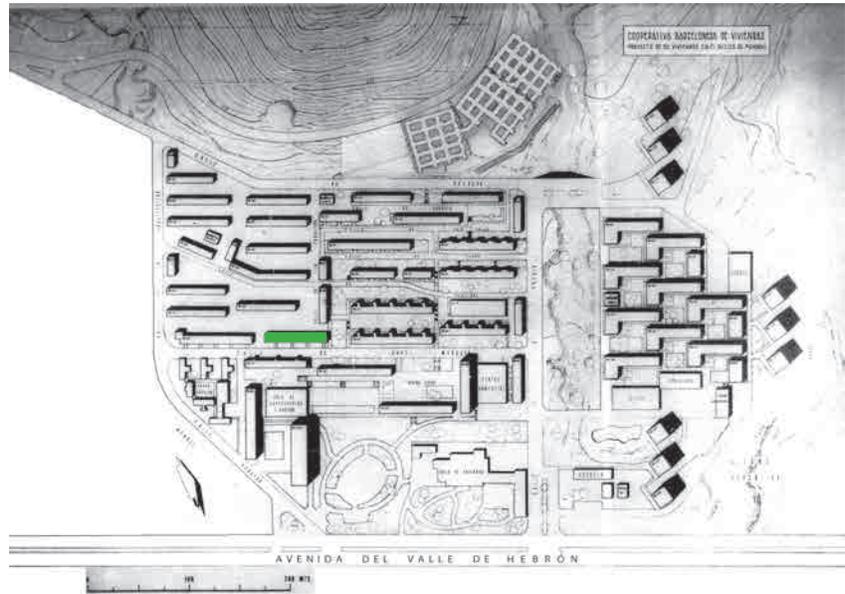
CRISTAL

	F_S g	U W/m ² K
Crystal senzillo 4	1	5,7
U cerramiento		5,700 W/m² K
U max		4,400 W/m² K

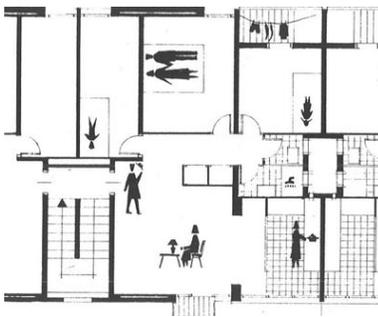
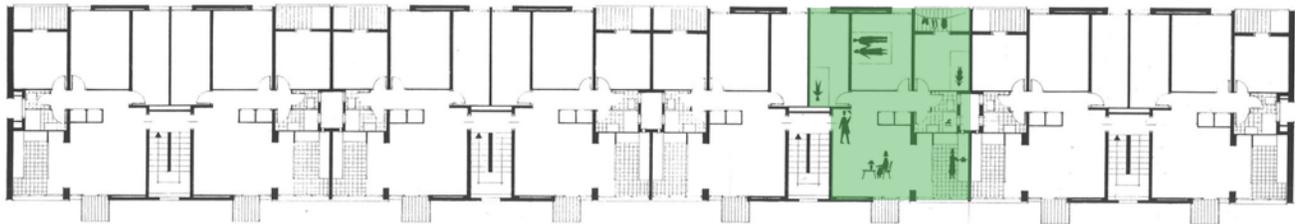
CARPINTERIA

	U W/m ² K
Marco y persiana madera	5,7
U cerramiento	5,700 W/m² K
U max	4,400 W/m² K

J



Calle Angel Marqués, proyecto diciembre 1960, arquitecto: J. Montero, J. Seguí, F. Vayreda. Edificio de planta baja+5, dos viviendas per planta, cinc escaleras, 40 viviendas. Las viviendas están compuestas de sala - comedor, cocina, aseo, lavadero, distribuidor y 3 habitaciones. Superficie útil= 47,79 m²



Descripción

Estructura de muros de carga cerámicos, cerramiento exterior 15 cm, cámara de 5 cm y tabique 10 cm. Medianera 30 cm cerámica. Forjado cerámico unidireccional. Cubierta plana con hormigón de pendientes y tela asfáltica protegida per baldosa cerámica. Carpintería de madera con cristal sencillo

MURO EXTERIOR

Capas	Cond. W/mK	Grosor m	Resist m2K/W
1 1/hi			0,04
2 Yeso	0,57	0,01	
3 Tabique dobleperforad	0,1818	0,1	
4 Camara de aire			0,18
5 Ladrillo perf. 5 cm	0,6944	0,15	
6	1	0	
7	1	0	
8			
9			
10 1/he			0,13

U cerramiento 0,882 W/m2 K

U max 0,950 W/m2 K

MURO EXTERIOR

Capas	Cond. W/mK	Grosor m	Resist m2K/W
1 1/hi			0,04
2 Yeso	0,57	0,01	
3 Ladrillo perf. 5cm gr	0,6944	0,3	
4	1	0	
5	1	0	
6	1	0	
7	1	0	
8			
9			
10 1/he			0,13

U cerramiento 1,614 W/m2 K

U max 0,950 W/m2 K

FORJADO

Capas	Cond. W/mK	Gruix m	Resist m2K/W
1 1/hi			0,04
2 Forjado cerámico 25			0,28
3 Enyesado	0,4	0,01	
4 Piedra artificial	1,3	0,05	
5			
6			
7			
8			
9			
10 1/he			0,10

U cerramiento 2,068 W/m2 K

U max 0,950 W/m2 K

CUBIERTA

Capas	Cond. W/mK	Gruix m	Resist m2K/W
1 1/hi			0,04
2 Forjado cerámico 25			0,28
3 Hormigón celular	1,15	0,1	
4 Tela asfáltica	0,25	0,01	
5 Rasilla	1,13	0,04	
6 enyesado	0,4	0,01	
7			
8			
9			
10 1/he			0,10

U cerramiento 1,646 W/m2 K

U max 0,530 W/m2 K

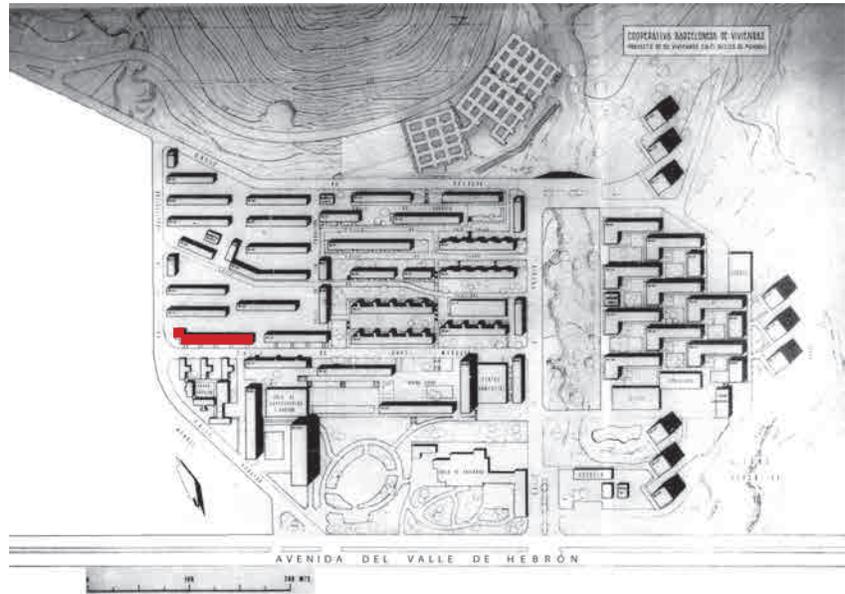
CRISTAL

	F_S g	U W/m2 K
Crystal senzillo 4	1	5,7
U cerramiento	5,700	W/m2 K
U max	4,400	W/m2 K

CARPINTERIA

	U W/m2 K
Marco y persiana madera	5,7
U cerramiento	5,700 W/m2 K
U max	4,400 W/m2 K

K



Calle Angel Marqués, proyecto febrero 1959, arquitectos: Pujadas, Ponseti y Serra Goday. Edificio de planta baja+5 con 5 escaleras, dos viviendas por planta, 51 viviendas con dos tipologías a y b. Las viviendas están compuestas de sala - comedor, cocina, aseo, lavadero y 3-4 habitaciones. La superficie útil de la vivienda a= 59,32 m² (3d), vivienda b= 84,58 m² (4d)



Descripción

Estructura de muros de carga cerámicos, cerramiento exterior de ladrillo hueco de 7 cm, cámara de aire y tabique interior de 5cm. Forjado unidireccional cerámico. Cubierta a la catalana ventilada. Carpintería metálica y vidrio sencillo.

MURO EXTERIOR

Capas	Cond. W/mK	Grosor m	Resist m2K/W
1 1/hi			0,04
2 Yeso	0,57	0,01	
3 Tabique simple	0,4444	0,05	
4 Camara de aire			0,18
5 Tabique LH 7 cm	0,375	0,07	
6	1	0	
7	1	0	
8			
9			
10 1/he			0,13

U cerramiento 1,500 W/m2 K

U max 0,950 W/m2 K

MURO MEDIANERO

Capas	Cond. W/mK	Grosor m	Resist m2K/W
1 1/hi			0,04
2 Yeso	0,57	0,01	
3 Ladrillo perf. 5cm gr	0,6944	0,3	
4	1	0	
5	1	0	
6	1	0	
7	1	0	
8			
9			
10 1/he			0,13

U cerramiento 1,614 W/m2 K

U max 0,950 W/m2 K

FORJADO

Capas	Cond. W/mK	Gruix m	Resist m2K/W
1 1/hi			0,04
2 Cerámica armada			0,28
3 Enyesado	0,4	0,01	
4 Mosaico hidraulico	1,3	0,05	
5			
6			
7			
8			
9			
10 1/he			0,10

U cerramiento 2,068 W/m2 K

U max 0,950 W/m2 K

CUBIERTA

Capas	Cond. W/mK	Gruix m	Resist m2K/W
1 1/hi			0,04
2 Cerámica armada			0,28
3 Enyesado	0,4	0,01	
4	1	0	
5			
6			
7			
8			
9			
10 1/he			0,10

U cerramiento 2,247 W/m2 K

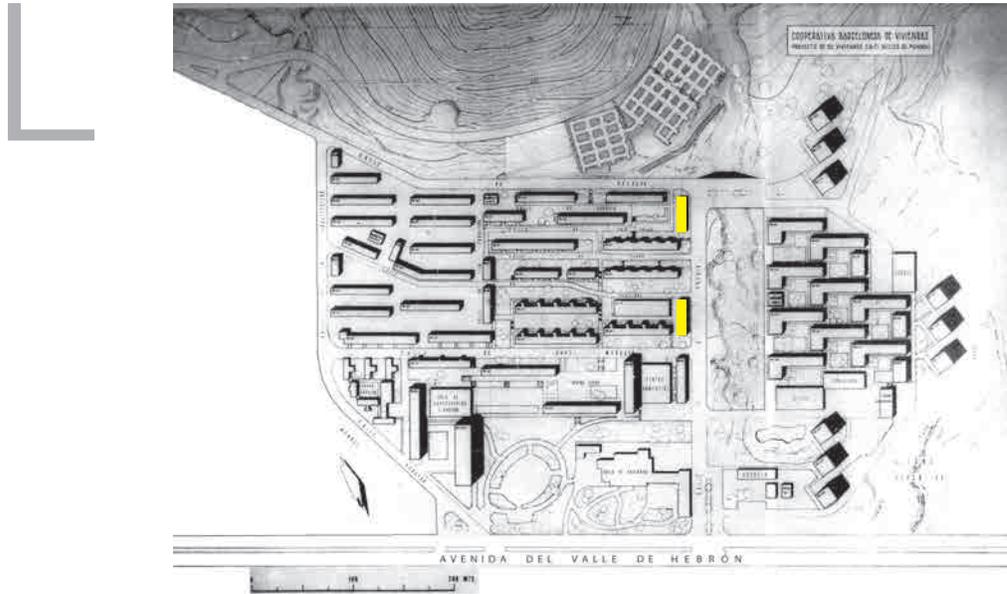
U max 0,950 W/m2 K

CRISTAL

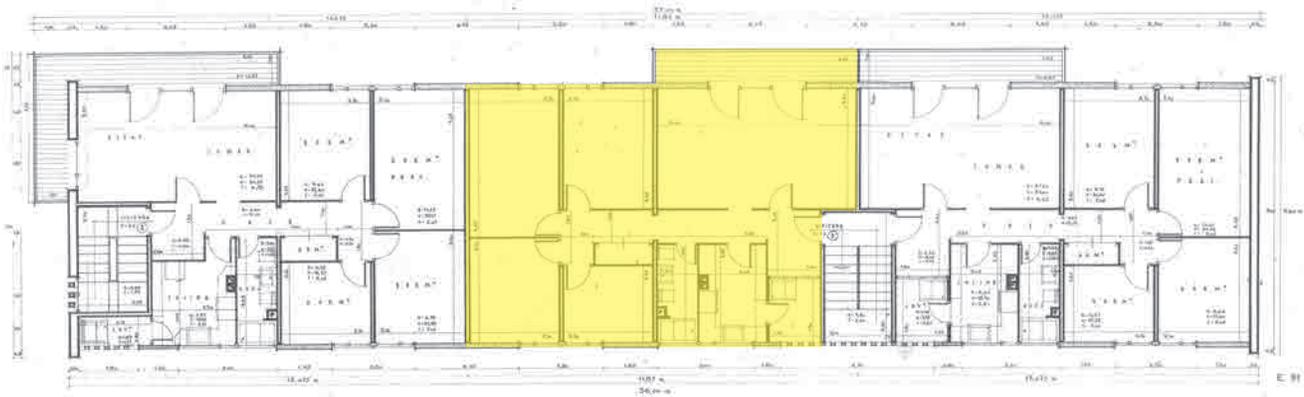
	F_S g	U W/m2 K
Crystal senzillo 4	1	5,7
U cerramiento	5,700	W/m2 K
U max	4,400	W/m2 K

CARPINTERIA

	U W/m2 K
Marco metálico, persiana mad	5,7
U cerramiento	5,700 W/m2 K
U max	4,400 W/m2 K



Calle de la Poesia, proyecto febrero 1959, arquitectos: J. Baca, F. Cavaller, J. Martí. Dos edificios de planta baja+5 con 2 escales, planta baja aparcamiento, uno y dos viviendas por planta. 30 viviendas de 4 dormitorios. Las viviendas están compuesta de sala - comedor, cocina con lavadero, baño y 4 habitaciones. La superficie útil de la vivienda es de 80,80 m².



Descripción
 Estructura de muros de carga cerámicos. Cerramientos exteriores paneles aligerados de hormigón de 20 cm. Medianera de 30 cm. Forjados de hormigón unidireccional. Cubierta plana con forjado de hormigón, aislamiento, cámara ventilada, impermeabilización y baldosa cerámica. Carpintería metálica con cristal sencillo.

MURO EXTERIOR

Capas	Cond. W/mK	Grosor m	Resist m2K/W
1 1/hi			0,04
2 Yeso	0,57	0,01	
3 Panel horm aligerado	1,15	0,2	
4	1	0	
5	1	0	
6	1	0	
7	1	0	
8			
9			
10 1/he			0,13

U cerramiento	2,767 W/m2 K
----------------------	---------------------

U max	0,950 W/m2 K
--------------	---------------------

MURO MEDIANERO

Capas	Cond. W/mK	Grosor m	Resist m2K/W
1 1/hi			0,04
2 Yeso	0,57	0,01	
3 Ladrillo perf. 5 cm	0,6944	0,3	
4	1	0	
5	1	0	
6	1	0	
7	1	0	
8			
9			
10 1/he			0,13

U cerramiento	1,614 W/m2 K
----------------------	---------------------

U max	0,950 W/m2 K
--------------	---------------------

FORJADO

Capas	Cond. W/mK	Gruix m	Resist m2K/W
1 1/hi			0,04
2 Forjado cerámico 25			0,28
3 Enyesado	0,4	0,01	
4 Piedra artificial	1,3	0,05	
5			
6			
7			
8			
9			
10 1/he			0,10

U cerramiento	2,068 W/m2 K
----------------------	---------------------

U max	0,950 W/m2 K
--------------	---------------------

CUBIERTA

Capas	Cond. W/mK	Gruix m	Resist m2K/W
1 1/hi			0,04
2 Forjado cerámico 25			0,28
3 Enyesado	0,4	0,01	
4 aislamiento	0,05	0,05	
5			
6			
7			
8			
9			
10 1/he			0,10

U cerramiento	0,692 W/m2 K
----------------------	---------------------

U max	0,950 W/m2 K
--------------	---------------------

CRISTAL

	F_S g	U W/m2 K
Cristal senzillo 4	1	5,7

U cerramiento	5,700 W/m2 K
----------------------	---------------------

U max	4,400 W/m2 K
--------------	---------------------

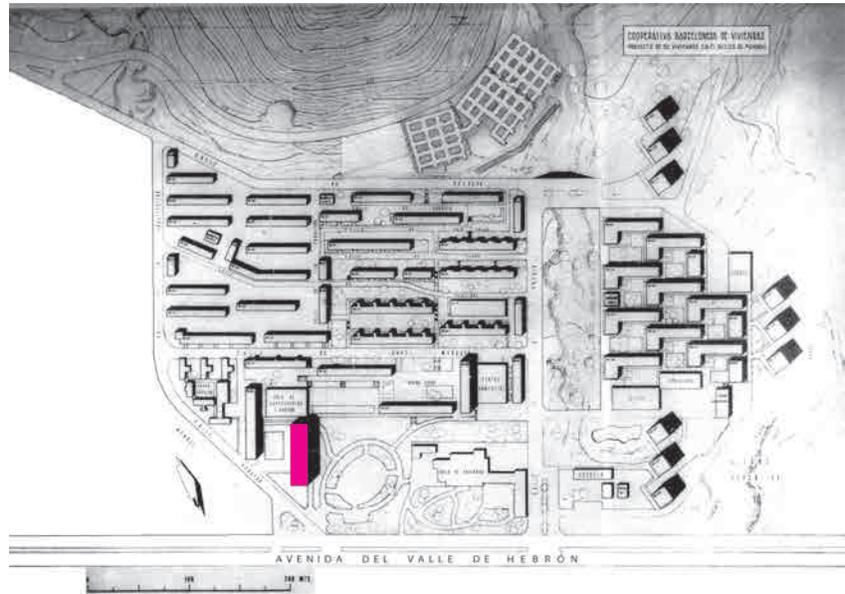
CARPINTERIA

	U W/m2 K
Marco metálico	5,7

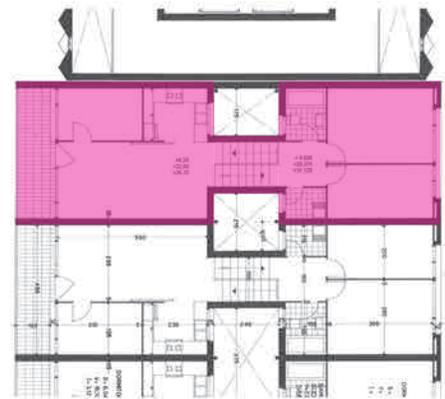
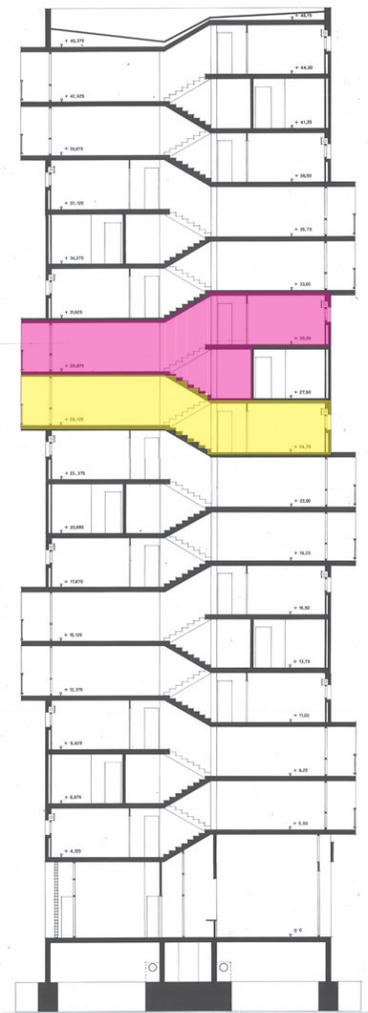
U cerramiento	5,700 W/m2 K
----------------------	---------------------

U max	4,400 W/m2 K
--------------	---------------------

N



Plaza de Zurbarán, proyecto febrero 1966, arquitectos: G. Giráldez, P. López - Iñigo, J. Subías. Edificio de planta baja+15, planta baja locales comerciales, viviendas tipo dúplex, escalera única y pasera de distribución, 120 viviendas. Las viviendas están compuestas de sala - comedor, cocina , baño, lavadero y 3 habitaciones. Superficie útil a=71,01 m²



Descripción

Estructura de paredes de carga de hormigón de 25 cm. Forjado cerámico de hormigón armado de 25 cm. Cerramientos exteriores de 15 cm de hormigón, cámara de 5 y tabique. Cubierta compuesta per forjado, cámara ventilada, solera machihembrada, tela asfáltica y baldosa. Carpintería de madera con cristal sencillo.

MURO EXTERIOR

Capas	Cond. W/mK	Grosor m	Resist m2K/W
1 1/hi			0,04
2 Yeso	0,57	0,01	
3 Panel prefab. de H	2,3	0,17	
4 Camar de aire 5 cm			0,18
5 Tabiquye LH 5 cm	0,4444	0,05	
6	1	0	
7	1	0	
8			
9			
10 1/he			0,13

U cerramiento 1,805 W/m2 K

U max 0,950 W/m2 K

MURO MEDIANERO

Capas	Cond. W/mK	Grosor m	Resist m2K/W
1 1/hi			0,04
2 Yeso	0,57	0,01	
3 Panel prefab. de H	2,3	0,25	
4 Camar de aire 5 cm			0,18
5 Tabiquye LH 5 cm	0,4444	0,05	
6	1	0	
7	1	0	
8			
9			
10 1/he			0,13

U cerramiento 1,699 W/m2 K

U max 0,950 W/m2 K

FORJADO

Capas	Cond. W/mK	Gruix m	Resist m2K/W
1 1/hi			0,04
2 Forjado cerámico 25			0,28
3 Enyesado	0,4	0,01	
4 Mosaico hidraulico	1,3	0,05	
5			
6			
7			
8			
9			
10 1/he			0,10

U cerramiento 2,068 W/m2 K

U max 0,950 W/m2 K

CUBIERTA

Capas	Cond. W/mK	Gruix m	Resist m2K/W
1 1/hi			0,04
2 Forjado cerámico 25			0,28
3 Enyesado	0,4	0,01	
4	1	0	
5			
6			
7			
8			
9			
10 1/he			0,10

U cerramiento 2,247 W/m2 K

U max 0,950 W/m2 K

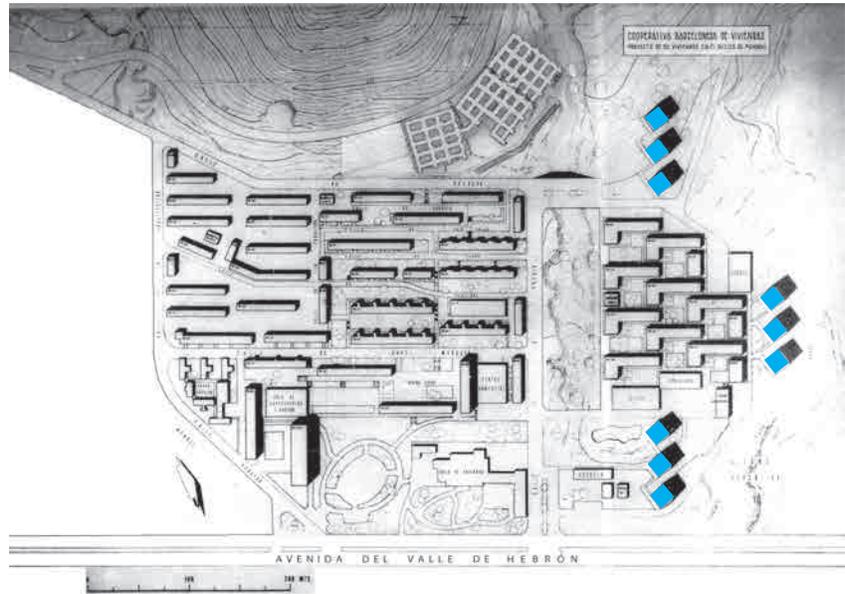
CRISTAL

	F_S g	U W/m2 K
Crystal senzillo 4	1	5,7
U cerramiento		5,700 W/m2 K
U max		4,400 W/m2 K

CARPINTERIA

	U W/m2 K
Marco mad. persiana enrollable	2
U cerramiento	2,000 W/m2 K
U max	4,400 W/m2 K

Q



Calle de la Harmonía, proyecto abril 1961, arquitectos: J. Soteras, M. Baldrich, A. Bonet, P. López - Iñigo. Torres de pb+14, viviendas, 1 portería y 3 locales, cuatro viviendas per planta, 9 torres. 504 viviendas de 3 dormitorios. Las viviendas están compuesta de sala - comedor, cocina, aseo, lavadero, terraza y 3 habitaciones. Superficie útil =50,29 m².



Descripción

Estructura de paredes de carga de hormigón de 25 cm. Forjado cerámico de hormigón armado de 25 cm. Cerramientos exteriores dos tabiques con cámara de aire. Cubierta a la catalana con cámara ventilada. Carpintería de madera con cristal sencillo.

MURO EXTERIOR RESISTENTE

Capas	Cond. W/mK	Grosor m	Resist m2K/W
1 1/hi			0,04
2 Yeso	0,57	0,01	
3 Muro horm Armado	2,3	0,25	
4 mortero de cemento	0,55	0,03	
5	1	0	
6	1	0	
7	1	0	
8			
9			
10 1/he			0,13

U cerramiento	2,851 W/m2 K
----------------------	---------------------

U max	0,950 W/m2 K
--------------	---------------------

MURO CERRAMIENTO

Capas	Cond. W/mK	Grosor m	Resist m2K/W
1 1/hi			0,04
2 Yeso	0,57	0,01	
3 Tabique LH 5 cm	0,4444	0,05	
4 Camar de aire 10 cm			0,19
5 Tabique LH 5 cm	0,4444	0,05	
6 Mortero de cemento	0,55	0,03	
7 aplacado vitrificado	1	0,01	
8			
9			
10 1/he			0,13

U cerramiento	1,499 W/m2 K
----------------------	---------------------

U max	0,950 W/m2 K
--------------	---------------------

FORJADO

Capas	Cond. W/mK	Gruix m	Resist m2K/W
1 1/hi			0,04
2 Forjado cerámico 25			0,28
3 Enyesado	0,4	0,01	
4 Mosaico hidraulico	1,3	0,05	
5			
6			
7			
8			
9			
10 1/he			0,10

U cerramiento	2,068 W/m2 K
----------------------	---------------------

U max	0,950 W/m2 K
--------------	---------------------

CUBIERTA

Capas	Cond. W/mK	Gruix m	Resist m2K/W
1 1/hi			0,04
2 Forjado cerámico 25			0,28
3 Enyesado	0,4	0,01	
4	1	0	
5			
6			
7			
8			
9			
10 1/he			0,10

U cerramiento	2,247 W/m2 K
----------------------	---------------------

U max	0,950 W/m2 K
--------------	---------------------

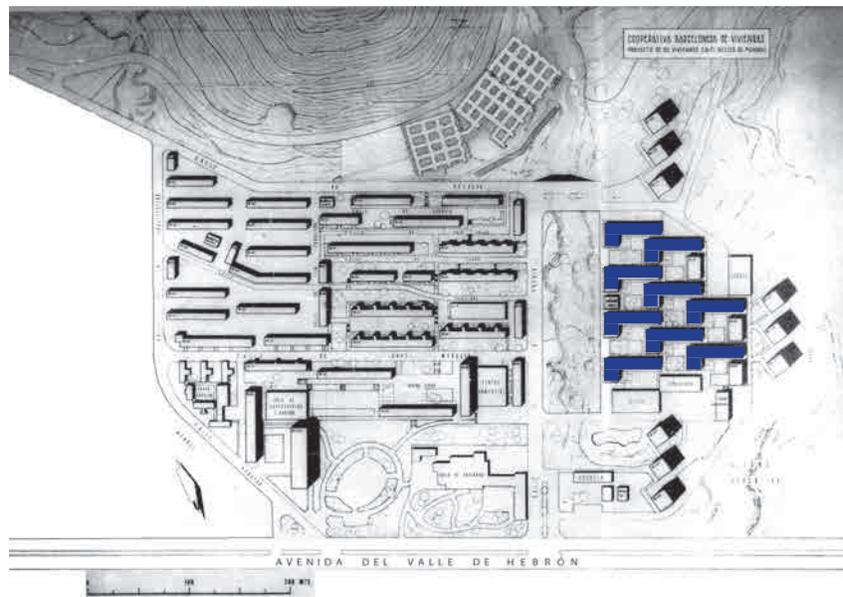
CRISTAL

	F_S g	U W/m2 K
Cristal senzillo 4	1	5,7
U cerramiento	5,700 W/m2 K	
U max	4,400 W/m2 K	

CARPINTERIA

	U W/m2 K
Marco mad. persiana enrollable	2
U cerramiento	2,000 W/m2 K
U max	4,400 W/m2 K

P



Calle de la Harmonía, proyecto abril 1961, arquitectos: J. Soteras, M. Baldrich, A. Bonet, P. López - Iñigo. Bloques de pb+5, 4 escaleras con 3 tipos de viviendas, 44 viviendas de 2 / 4 viviendas por planta 9 edificios en I, 396 viviendas de 3 dormitorios. Las viviendas están compuestas de sala - comedor, cocina, dos aseos, 3 habitaciones y terraza. Superficie útil =51,80 m².



Descripción

Estructura de muros portantes cerámicos. Muro exterior de obra vista con cámara y tabique interior. Forjado cerámico unidireccional. Cubierta plana a la catalana ventilada. Carpintería de madera con persiana y cristal sencillo.

MURO EXTERIOR

Capas	Cond. W/mK	Grosor m	Resist m ² K/W
1 1/hi			0,04
2 Yeso	0,57	0,01	
3 Tabique LH 5 cm	0,4444	0,05	
4 Camara de aire 10			0,19
5 Ladrillo perf 5 cn g	0,6944	0,15	
6	1	0	
7	1	0	
8			
9			
10 1/he			0,13

U cerramiento	1,416 W/m² K
----------------------	--------------------------------

U max	0,950 W/m² K
--------------	--------------------------------

MURO APLACADO

Capas	Cond. W/mK	Grosor m	Resist m ² K/W
1 1/hi			0,04
2 Yeso	0,57	0,01	
3 Ladrillo perf 5 cn g	0,6944	0,15	
4 Mortero cemento	0,55	0,03	
5 Aplacado Vidriado	1	0,01	
6	1	0	
7	1	0	
8			
9			
10 1/he			0,13

U cerramiento	2,136 W/m² K
----------------------	--------------------------------

U max	0,950 W/m² K
--------------	--------------------------------

FORJADO

Capas	Cond. W/mK	Gruix m	Resist m ² K/W
1 1/hi			0,04
2 Forjado cerámico 25			0,28
3 Enyesado	0,4	0,01	
4 Mosaico hidraulico	1,3	0,05	
5			
6			
7			
8			
9			
10 1/he			0,10

U cerramiento	2,068 W/m² K
----------------------	--------------------------------

U max	0,950 W/m² K
--------------	--------------------------------

CUBIERTA

Capas	Cond. W/mK	Gruix m	Resist m ² K/W
1 1/hi			0,04
2 Forjado cerámico 25			0,28
3 Enyesado	0,4	0,01	
4	1	0	
5			
6			
7			
8			
9			
10 1/he			0,10

U cerramiento	2,247 W/m² K
----------------------	--------------------------------

U max	0,950 W/m² K
--------------	--------------------------------

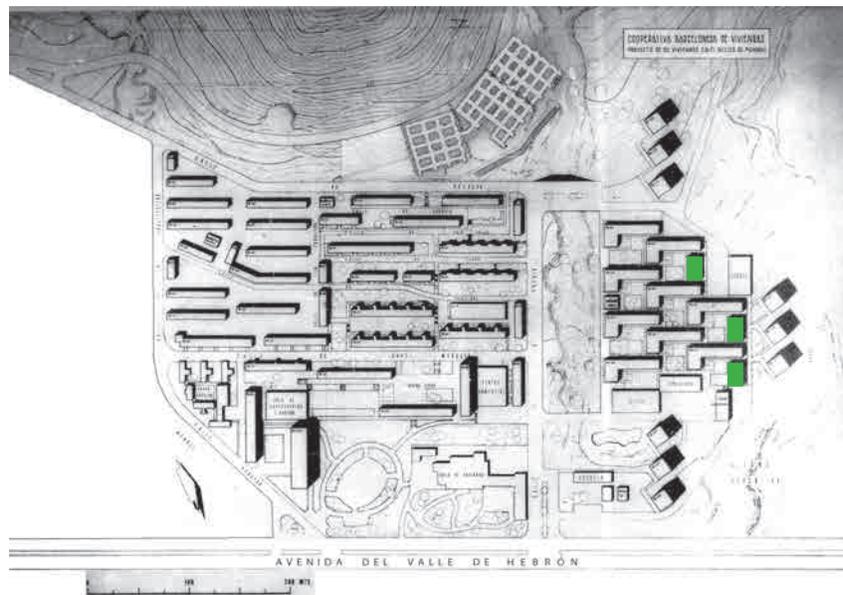
CRISTAL

	F_S g	U W/m ² K
Cristal senzillo 4	1	5,7
U cerramiento	5,700 W/m² K	
U max	4,400 W/m² K	

CARPINTERIA

	U W/m ² K
Marco mad. persiana enrollable	2
U cerramiento	2,000 W/m² K
U max	4,400 W/m² K

R



Calle de la Dansa, Pantomima y Museus, proyecto abril 1961, arquitectos: J. Soteras, M. Baldrich, A. Bonet, P. López - Iñigo. Bloques de pb+4, tipología única, 17 viviendas más 4 locales, 4 viviendas por planta, 3 edificios, 51 viviendas de 3 dormitorios. Las viviendas están compuestas de sala - comedor, cocina, dos aseos, 3 habitaciones y terraza. Superficie útil =63,70 m².



Descripción

Estructura de muros de carga cerámicos. Muro exterior de obra cerámica con cámara y tabique interior. Forjado cerámico unidireccional. Cubierta plana a la catalana ventilada. Carpintería de madera con persiana y cristal sencillo.

MURO EXTERIOR

Capas	Cond. W/mK	Grosor m	Resist m2K/W
1 1/hi			0,04
2 Yeso	0,57	0,01	
3 Tabique LH 5 cm	0,4444	0,05	
4 Camara de aire 10			0,19
5 Ladrillo perf 5 cn g	0,6944	0,15	
6	1	0	
7	1	0	
8			
9			
10 1/he			0,13

U cerramiento 1,416 W/m2 K

U max 0,950 W/m2 K

MURO APLACADO

Capas	Cond. W/mK	Grosor m	Resist m2K/W
1 1/hi			0,04
2 Yeso	0,57	0,01	
3 Ladrillo perf 5 cn g	0,6944	0,15	
4 Mortero cemento	0,55	0,03	
5 Aplacado Vidriado	1	0,01	
6	1	0	
7	1	0	
8			
9			
10 1/he			0,13

U cerramiento 2,136 W/m2 K

U max 0,950 W/m2 K

FORJADO

Capas	Cond. W/mK	Gruix m	Resist m2K/W
1 1/hi			0,04
2 Forjado cerámico 25			0,28
3 Enyesado	0,4	0,01	
4 Mosaico hidraulico	1,3	0,05	
5			
6			
7			
8			
9			
10 1/he			0,10

U cerramiento 2,068 W/m2 K

U max 0,950 W/m2 K

CUBIERTA

Capas	Cond. W/mK	Gruix m	Resist m2K/W
1 1/hi			0,04
2 Forjado cerámico 25			0,28
3 Enyesado	0,4	0,01	
4	1	0	
5			
6			
7			
8			
9			
10 1/he			0,10

U cerramiento 2,247 W/m2 K

U max 0,950 W/m2 K

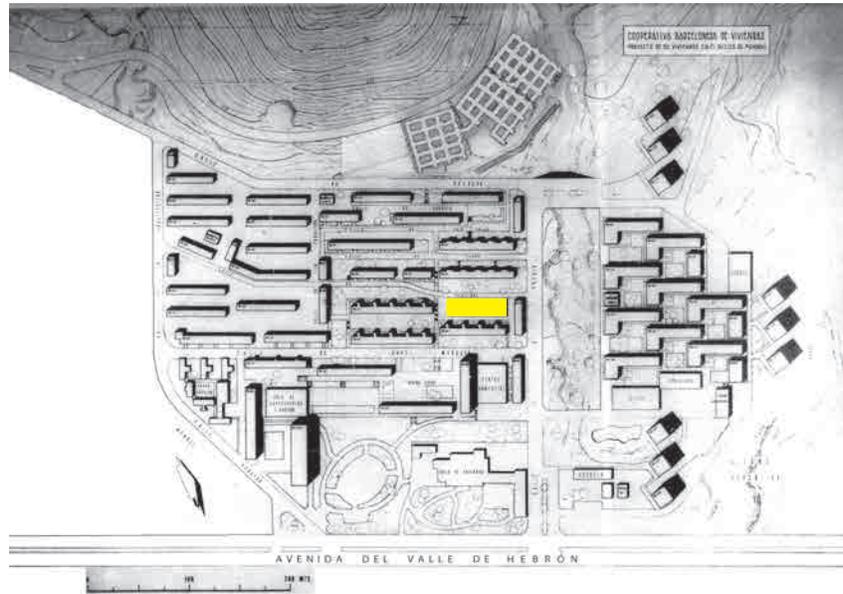
CRISTAL

	F_S g	U W/m2 K
Crystal senzillo 4	1	5,7
U cerramiento	5,700	W/m2 K
U max	4,400	W/m2 K

CARPINTERIA

	U W/m2 K
Marco mad. persiana enrollable	2
U cerramiento	2,000
U max	4,400

UNI14



Calle Benlliure, proyecto 1960, arquitectos: Francisco Basso, Joaquim Gili Moros. Conjunto de 14 viviendas unifamiliares con taller anexo, como zona de servicios para el barrio, 14 viviendas. Las viviendas están compuestas de sala - comedor, cocina, baño y 3 habitaciones. Superficie útil=63,64 m²



Descripción

Estructura de muros de carga cerámicos, cerramiento exterior 15 cm de obra vista, cámara de 10 cm y tabique 5 cm. Forjado cerámico unidireccional. Cubierta plana a la catalana ventilada. Carpintería de madera con persiana y cristal sencillo.

MURO EXTERIOR

Capas	Cond. W/mK	Grosor m	Resist m ² K/W
1 1/hi			0,04
2 Yeso	0,57	0,01	
3 Tabique LH 5 cm	0,4444	0,05	
4 Camara de aire 10			0,19
5 Ladrillo perf 5 cn g	0,6944	0,15	
6 Mortero de cemeto	0,55	0,03	
7 Aplacado vitrificado	1	0,01	
8			
9			
10 1/he			0,13
U cerramiento	1,298 W/m² K		
U max	0,950 W/m² K		

Capas	Cond. W/mK	Gruix m	Resist m ² K/W
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
U cerramiento	W/m² K		
U max	0,950 W/m² K		

FORJADO

Capas	Cond. W/mK	Gruix m	Resist m ² K/W
1 1/hi			0,04
2 Forjado cerámico 25			0,28
3 Enyesado	0,4	0,01	
4 Mosaico hidraulico	1,3	0,05	
5			
6			
7			
8			
9			
10 1/he			0,10
U cerramiento	2,068 W/m² K		
U max	0,950 W/m² K		

CUBIERTA

Capas	Cond. W/mK	Gruix m	Resist m ² K/W
1 1/hi			0,04
2 Forjado cerámico 25			0,28
3 Enyesado	0,4	0,01	
4	1	0	
5			
6			
7			
8			
9			
10 1/he			0,10
U cerramiento	2,247 W/m² K		
U max	0,950 W/m² K		

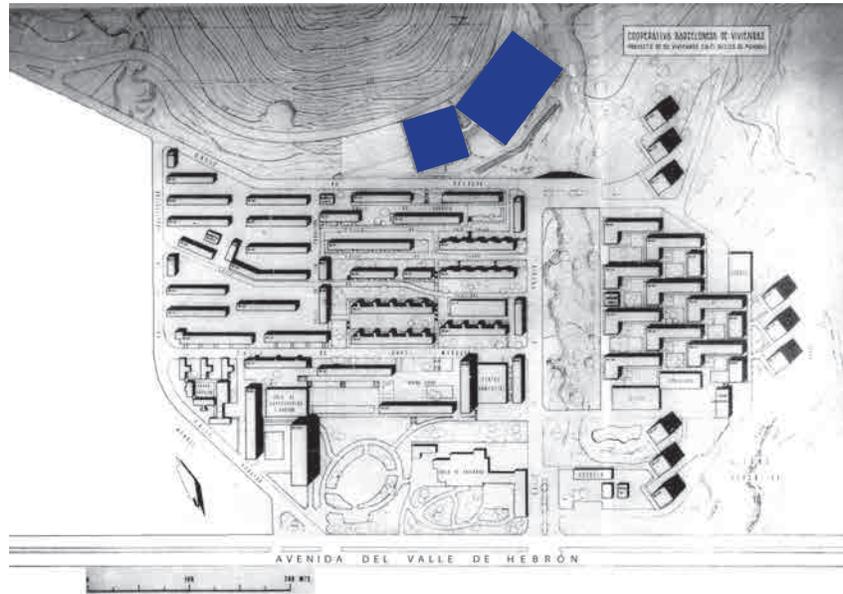
CRISTAL

	F_S g	U W/m ² K
Cristal senzillo 4	1	5,7
U cerramiento	5,700 W/m² K	
U max	4,400 W/m² K	

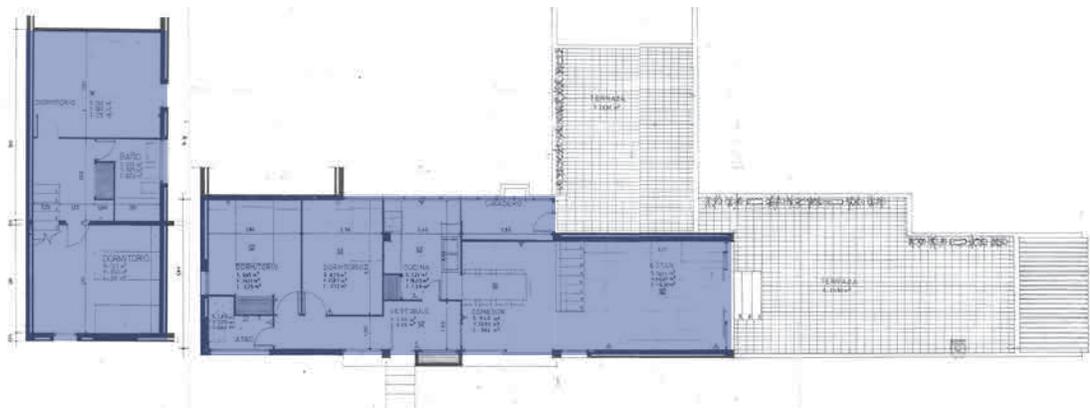
CARPINTERIA

	U W/m ² K
Marco mad. persiana enrollable	2
U cerramiento	2,000 W/m² K
U max	4,400 W/m² K

UNI55



Calle de la Cerámica, proyecto diciembre 1964, arquitecto: Juan Bosch Agustí. Conjunto de 52 viviendas unifamiliares dispuestas en estora que se superponen una sobre otra dejando unos pasos de accesos a las viviendas, existen diversas distribuciones de viviendas. Las viviendas tipo a1 están compuestas de sala - comedor, cocina, aseo, baño, distribuidor y 4 habitaciones. Superficie útil= 97,15 m²



Descripción

Estructura de muros portantes cerámicos, forjado de hormigón unidireccional cerámico. Muros exteriores de obra vista con cámara de aire y tabique exterior. Cubierta a la catalana transitable. Carpintería de madera con persiana y cristal sencillo.

MURO EXTERIOR

Capas	Cond. W/mK	Grosor m	Resist m2K/W
1 1/hi			0,04
2 Yeso	0,57	0,01	
3 Ladrillo perforado	0,6944	0,15	
4 Camara de aire 10			0,19
5 tabique LH 5	0,4444	0,05	
6 Mortero de cemeto	0,55	0,02	
7	1	0	
8			
9			
10 1/he			0,13

U cerramiento	1,347 W/m2 K
----------------------	---------------------

U max	0,950 W/m2 K
--------------	---------------------

CUBIERTA INCLINADA

Capas	Cond. W/mK	Grosor m	Resist m2K/W
1 1/hi			0,04
2 Teja cerámica	1	0,01	
3 mortero de cemento	0,55	0,02	
4 Forjado cerámico 25			0,28
5 Enyesado	0,4	0,01	
6	1	0	
7	1	0	
8			
9			
10 1/he			0,13

U cerramiento	1,918 W/m2 K
----------------------	---------------------

U max	0,950 W/m2 K
--------------	---------------------

FORJADO

Capas	Cond. W/mK	Gruix m	Resist m2K/W
1 1/hi			0,04
2 Forjado cerámico 25			0,28
3 Enyesado	0,4	0,01	
4 Mosaico hidraulico	1,3	0,05	
5			
6			
7			
8			
9			
10 1/he			0,10

U cerramiento	2,068 W/m2 K
----------------------	---------------------

U max	0,950 W/m2 K
--------------	---------------------

CUBIERTA PLANA A LA CATALANA

Capas	Cond. W/mK	Gruix m	Resist m2K/W
1 1/hi			0,04
2 Forjado cerámico 25			0,28
3 Enyesado	0,4	0,01	
4	1	0	
5			
6			
7			
8			
9			
10 1/he			0,10

U cerramiento	2,247 W/m2 K
----------------------	---------------------

U max	0,950 W/m2 K
--------------	---------------------

CRISTAL

	F_S g	U W/m2 K
Cristal senzillo 4	1	5,7
U cerramiento	5,700 W/m2 K	
U max	4,400 W/m2 K	

CARPINTERIA

	U W/m2 K
Marco mad. persiana enrollable	2
U cerramiento	2,000 W/m2 K
U max	4,400 W/m2 K

A black and white photograph of a brick building facade. The bricks are laid in a standard running bond pattern. There are several horizontal concrete or metal bands that divide the facade into sections. On the right side, there is a window with a dark frame. A large, bold, white number '4' is overlaid on the right side of the image, partially covering the brickwork and the window area.

4

**Evaluación de los edificios
tipo de Montbau**

4.1

Introducción

La piel de los edificios es la envolvente que permite unas condiciones específicas y aísla los espacios habitables del clima exterior. Su diseño y construcción, debe aportar soluciones para conseguir un confort con el consumo mínimo de energía, a través de los aportes de las soluciones constructivas, adaptadas a las condiciones climáticas y de entorno. Esta piel, adquiere una mayor preponderancia en situaciones de falta o disminución de recursos energéticos¹, es una barrera física que debe contribuir a producir edificios climáticamente equilibrados. Las condiciones de la piel influirán en las necesidades de climatización mecánicas -bajas o nulas- que permita regular un consumo energético bajo durante la vida útil del edificio y asegure una comodidad térmica interior adecuada².

¹ Solanas, T; Calatayud, D; Claret, Q (2009).

² Araujo, R. (2009).

La construcción de edificios en España, no tuvo en cuenta estas consideraciones hasta la crisis energética desatada en los años 70,- crisis que afectó a todos los países industrializados, sobre todo Europa, con limitadas fuentes de energía- y llevó entre otras medidas, a un incremento considerable del precio de la energía. Ante la crisis y los costos económicos que acarrea el mantenimiento de las condiciones mínimas de confort, se hizo necesario replantear el sistema constructivo, forzando la aparición de normativas que legislaban y regulaban esta envolvente³.

³ NBE-CT-79 (1979).

Los edificios construidos en las décadas de los años 50 a 70, -tema de análisis en esta investigación-, a pesar del aceptable estado de conservación no cumplen los estándares mínimos de confort. Actualmente estas viviendas consumen grandes cantidades de energía para conseguir unas condiciones de confort aceptables en el interior⁴.

⁴ Fitzgerald, E et alt (1999).

En este capítulo se hará un análisis del consumo actual de los 4 edificios tipo seleccionados del barrio de Montbau. Este permitirá estudiando la composición de las características actuales de la piel de los diversos edificios, conocer la demanda de energía de climatización, las emisiones de CO₂ eq y su coste económico que garantizarían al habitante el nivel aceptable de confort térmico ante las variaciones climáticas. El análisis, acota su alcance a la evaluación del consumo, coste y emisiones de CO₂ eq, requerida para al confort térmico calentando los espacios, sin refrigerarlos, ya que el clima, su situación –en el Barrio de Montbau de Barcelona- y la disposición

5 Araujo, R. (2007).

6 Sol-arq (2011). En: www.sol-arq.com.



Foto 4.1. Edificio A, fachada principal. (Fuente: Elaboración del autor, resultados del programa DB).



Foto 4.2. Edificio EF, fachada principal. (Fuente: Elaboración del autor, resultados del programa DB)



Foto 4.3. Edificio Q, fachada principal. (Fuente: Elaboración del autor, resultados del programa DB)

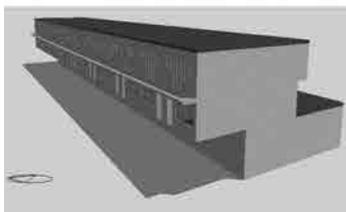


Foto 4.4. Edificio unifamiliar 14, fachada principal. (Fuente: Elaboración del autor, resultados del programa DB)

de los edificios -su posición actual en el territorio- a través de las ventilaciones cruzadas, permite las corrientes de aire que generan una temperatura regular aceptable en verano⁵.

De manera paralela y complementaria, se hará un análisis del comportamiento de estos edificios tipo en otras zonas climáticas del estado español -Madrid y Girona- para valorar el impacto asociado en diferentes condiciones climáticas. Así mismo, se hará un análisis hipotético de las variaciones que se contemplan al modificar la orientación de los edificios con un giro de 90° respecto de su posición original.

Para realizar este balance se ha utilizado el programa de cálculo DesingBuilder⁶. Esta herramienta permite controlar el análisis térmico, lumínico y energético de los edificios en cualquier situación climática, evaluar el confort y las emisiones de CO₂ eq, entre otros. El motor de cálculo interno es Energyplus, programa desarrollado por el departamento de Energía de los Estados Unidos de América. Esta herramienta informática, ofrece la posibilidad de analizar tanto edificios existentes, como ayudar a proyectarlos en cualquier fase de su proceso de diseño. El programa permite importar archivos 2d y 3d, para generar los volúmenes que conforman la edificación, de manera tal que es posible dividir el volumen en espacios y asignarles diversos usos. Los cerramientos de la edificación se pueden configurar utilizando la base de datos existente o personalizarse en función de las necesidades del proyecto, configurando materiales no especificados en el programa e introduciendo las características del mismo.

Los resultados del análisis suministran datos sobre confort -temperatura del aire, radiante y operativa y humedad relativa-, ganancias internas -balance térmico de iluminación, ocupación, ganancias solares-, cerramientos y ventilación -balance térmico y aire de renovación-, desglose de combustible -iluminación, generación de calor y agua caliente-, totales de combustible -gas y electricidad- y finalmente, la producción de CO₂ eq (en kg).

Estos resultados se podrán visualizar en intervalos de tiempo -anual, mensual, diario, horario- a través de gráficas y tablas. Así entonces será posible estudiar y analizar, desde el global de un edificio, hasta el comportamiento específico y particular de cualquiera de sus cerramientos.

El programa permitió modelar los edificios tipo seleccionados A, EF, Q y UNI14. La modelización consiste en definir geoméricamente el edificio, caracterizar sus elementos constructivos, definir el índice

de ocupación, el sistema de climatización y el clima del entorno. El programa arroja una serie de resultados que permitirán analizar y evaluar su comportamiento y estimar así las diversas posibilidades para las mejoras futuras de la envolvente de cada uno de los diferentes tipos de edificios.

4.2

Análisis y evaluación del comportamiento de la envolvente del edificio a través del programa DesingBuilder

Para evaluar el comportamiento de los edificios se han introducido una serie de datos reales en el programa –características de las diversas envolventes de los edificios, ocupación, características climáticas, selección sistemas de calefacción, etc.-. Estos datos son idénticos para todos los edificios y varían los que caracterizan a cada uno de ellos: la definición espacial, la orientación y su piel.

Condiciones climáticas de Barcelona, Madrid y Girona

Para la evaluación de las condiciones ambientales se utilizaron los datos climáticos suministrados por el programa DB referentes a cada uno de los climas donde se han implantado de manera hipotética los edificios, suministrados por la AEMET (Agencia Estatal de Meteorología España).

Barcelona tiene un clima mediterráneo húmedo y cálido; el verano es seco, propio de este clima, matizado y controladas las sequías por tormentas estivales. El índice de precipitaciones es irregular y puntualmente de fuerte intensidad y las temperaturas son suaves, las heladas no son frecuentes y raramente baja de 0 °C. Su situación de ciudad costera hace que el índice de humedad se mantenga alrededor del 70%, índice que influye también sobre la temperatura de sensación en época de verano⁷.

⁷ Agencia Estatal de Meteorología – AEMET-. En: www.aemet.es.

Cuadro 4.1. Realizado por el autor sobre: Valores medios en el observatorio de Barcelona / Aeropuerto, (1981-2010), Guía resumida del clima en España, -AEMET-. (Acceso abril 2014).

Barcelona Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Annual
Temperatura media mes	9,2	9,9	11,8	13,7	16,9	20,9	23,9	24,4	21,7	17,8	13	10	16,1
Temp media mes mas alta	11,6	13,1	13,2	15,6	19,3	25,1	27,2	27,8	25	20,5	15,6	12,4	17,4
Temp media mes mas baja	5,1	7,6	9,5	11,5	13	17,6	21,4	22,1	19,5	15	10,9	6,5	14,8
Temp máxima absoluta	22,4	24,5	26	25,4	29,4	34,9	34,8	37,4	33,4	30,4	25,2	23,2	37,3
Temp mínima absoluta	-7,2	-3,5	-1,4	0,2	4,2	7,8	12,7	12	10	3,8	-1,4	-3,6	-7,2
Prec. Mensual media (mm)	36,8	35,1	35,5	40,4	47,3	29,6	20,7	62	81	91	58,8	40,3	587,9
Humedad relativa en %	70	70	70	69	70	68	67	68	70	73	71	69	69
Nº medio mes horas de sol	151	162,9	206,5	228	250,5	265,6	305	277,8	245,8	182,1	145,4	140,9	213,45
Nº días prec. <= 1 mm	3,7	4	4,5	5,1	4,7	3,6	1,8	4,5	5,2	6,3	5,1	4,4	53,3
Nº días de nieve	0,1	0,2	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0,4

El clima de Madrid es mediterráneo continental, influido por las condiciones urbanas. Su situación geográfica, lejos de la costa marítima, genera temperaturas que tienden a los extremos; veranos muy cálidos e inviernos muy fríos. El Verano es la estación más seca y oscilan las temperatura entre los 30 a 40°C. En invierno las temperaturas bajan frecuentemente de los 0°C, produciéndose heladas en las noches despejadas. Las precipitaciones anuales son superiores a los 370 mm, con un mínimo entre los meses de junio a septiembre⁸.

⁸ Agencia Estatal de Meteorología
-AEMET-. En: www.aemet.es.

Madrid Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura media mes	5,5	7,1	10,2	12,2	16,2	21,7	25,2	24,7	20,5	14,8	9,4	6,2	14,5
Temp media mes mas alta	7,9	10,1	12,8	15,4	19,7	25,4	27,7	27	23,1	17,2	12,3	9,5	15,8
Temp media mes mas baja	3	4,4	6,6	8,4	10,7	17,4	23	22	18,1	11,8	6,8	2,3	12,9
Temp máxima absoluta	20,9	22,6	26,4	31,1	36,4	39,8	42,2	41,2	40,2	31,5	24,7	20	42,2
Temp mínima absoluta	-10,4	-10	-6,6	-3,2	-0,5	5	7	8,2	4	-1	-7,4	-10,5	-10,5
Prec. Mensual media (mm)	28,7	31,9	21,5	37,7	43,9	21,7	8,8	9,5	24,1	51,3	49,3	42,3	370,8
Humedad relativa en %	74	67	58	56	52	42	35	37	48	63	72	76	57
Nº medio mes horas de sol	144,1	168,1	224	225,7	258	310,2	354,4	329,1	267,8	198,7	151,1	127,7	229,07
Nº días prec. <= 1 mm	5,2	4,7	3,5	6,4	6,8	3,6	1,5	1,5	2,9	6,6	6,2	6,3	55,1
Nº días de nieve	0,7	0,9	0,3	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0,6	2,6

Cuadro 4.2. Realizado por el autor sobre: Valores medios en el observatorio de Madrid / Aeropuerto, (1981-2010), Guía resumida del clima en España, -AEMET-. (Acceso abril 2014).

⁹ Agencia Estatal de Meteorología
-AEMET-. En: www.aemet.es.

Cuadro 4.3. realizado por el autor sobre: Valores medios en el observatorio de Girona / Aeropuerto, (1981-2010), Guía resumida del clima en España, -AEMET-. (Acceso abril 2014).

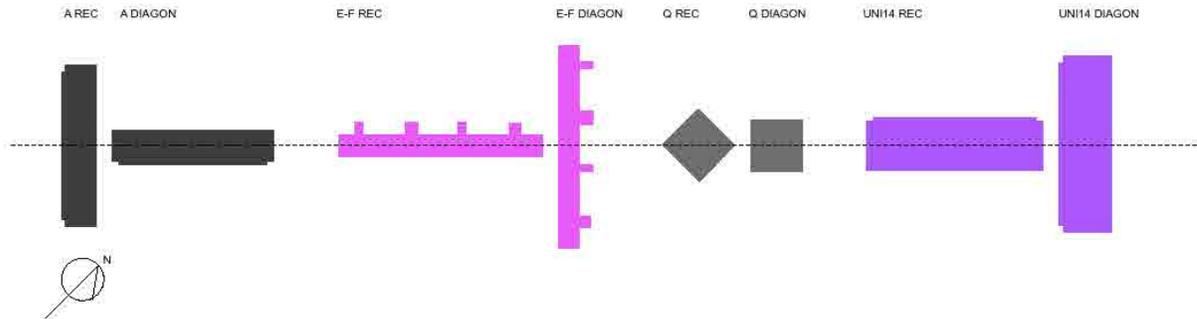
El clima de Girona es en cierta medida continental con grandes diferencias térmicas entre el día y la noche, pudiendo llegar por debajo de los 0° en invierno y sobrepasar los 40°C, en el verano. La confluencia de los cuatro ríos hace que la humedad de la zona sea superior al 65% y esto influye en verano en la temperatura de sensación. El clima es lluvioso con precipitaciones anuales superiores a los 725 mm⁹.

Orientaciones de los edificios tipo de Montbau

Los edificios A, E-F, Q y UNI14, tienen una orientación geográfica definida; el edificio A noreste, el E-F, Sureste, el Q, Sur y UNI14, Sureste (posición "REC" en plano y esquemas). Para comprobar cómo influye la posición en el confort interno se propone un giro respecto de

Girona Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura media mes	7,1	7,9	10,4	12,5	16,3	20,4	23,6	23,4	20,1	16,2	10,9	7,8	14,7
Temp media mes mas alta	9,6	11,1	13,4	14,8	18,4	24,9	26,9	27	22,7	18,8	13,2	10,9	15,9
Temp media mes mas baja	3,4	5,1	8,4	10	13,4	17,6	20,7	21,2	17,7	13,6	8,5	5,1	13,6
Temp máxima absoluta	23,8	25,5	29	29,1	33,6	39,7	39	41,2	37	32,3	30	22,6	39
Temp mínima absoluta	-13	-8,2	-5,5	-1,8	0,6	5,1	10,2	8,6	5,8	-0,8	-6	-9,4	-13
Prec. Mensual media (mm)	62	51,3	50,2	66,6	71,1	59,6	32,3	45,7	69,9	87,9	69,7	56,1	727,5
Humedad relativa en %	75	73	70	69	68	63	59	65	70	75	76	76	71
Nº medio mes horas de sol	146,8	156,1	179,4	193,5	223,5	247,3	284,8	260,7	195,4	167,1	143,3	132,3	194,18
Nº días prec. <= 1 mm	4,9	4,9	5,1	7,1	7,3	5,1	3,2	5,1	6,5	6,4	5,2	4,7	65,8
Nº días de nieve	0,3	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,7

Figura 4.1. Orientaciones de los edificios tipo de Montbau y sus giros de estudio complementarios. (Fuente: Elaboración del autor).



su posición actual que queda definido y reflejado en el siguiente plano (posición "DIAGON"). De esta manera se comprueba el resultado energético en función de este.

Características de la piel de los edificios tipo de Montbau

La envolvente de un edificio es la capa de separación entre las condiciones climáticas variables del exterior y el ambiente interior -principalmente estable- donde se desarrollan las actividades humanas. Su diseño ya no sólo será de resguardo, sustentación o identidad del edificio, sino que debido al incremento de las necesidades de confort, cobra importancia por la influencia que tiene sobre el consumo de energía. El diseño de esta piel y los materiales que la componen, permitirán regular el consumo de energía y un ambiente interno satisfactorio.

En el programa utilizado DesingBuilder se introducirán las propiedades de los materiales que conforman la piel de cada uno de los edificios seleccionados, muros externos, de separación entre zonas, carpinterías, vidrios, cubiertas, forjados, etc, las cuales definen y caracterizan cada uno de los edificios seleccionados - coeficientes de transmisión térmica, factor solar y de protección solar- definidos con anterioridad en el desarrollo del Capítulo 3.

Actividad humana

Se ha definido una densidad de ocupación de 0,04 personas/m², y se calcula una ocupación de vivienda de entre 3 a 6 personas en función de la superficie de cada una. Se establece una tasa metabólica de 0,9 para una actividad de vivienda (esta puede ser entre Hombre=1, Mujer=0,85, niño=0,75) y se define un "Clo" -índice de indumentaria- en invierno de 1 y de 0,5 en verano¹⁰.

Sistema de calefacción.

Para la calefacción y el agua caliente se ha seleccionado una caldera de condensación de gas natural con una eficiencia normalizada de 0,89. También se ha previsto una renovación de aire por zona de 0,6 renov/h. La temperatura de consigna de la calefacción es de 18 °C.

Todos estos datos se seleccionan en el programa, se define la geometría, distribución del edificio y materiales que definen la envolvente, tanto la parte opaca –muros y cubierta- como las oberturas¹¹.

11 Idem.

4.3

Evaluación de la demanda energética actual, emisiones de CO2 eq y coste para los edificios tipo en Barcelona (por tipología, orientación y conjunto del barrio)

Se introducen los datos referidos a los diversos edificios en el programa DesingBuilder –extraídos de las características de los edificios (Ver capítulo 3) el cual permite obtener toda una serie de resultados (Ver anexo 4-1 Resultados para Barcelona, Madrid y Girona) que posteriormente hemos analizado y tratado en una hoja de cálculo de elaboración propia (Ver Documentos complementarios 4-1 tabla Evaluación energética de los edificios A, EF, Q y UNi14). El programa suministra diversidad de resultados y permite el análisis de un determinado cerramiento, el análisis de un sector o el global del edificio. En el caso de análisis, se han utilizado los resultados globales del edificio.

El impacto de las emisiones de CO2 eq se valoran a partir de la energía consumida por el edificio en función del origen de ésta. Electricidad: 366g CO2 eq/kWh (valor que se obtiene del mix eléctrico español de la base de datos ecoinvent con datos del mix eléctrico de 2011), Gas 272 g CO2 eq/kWh¹².

Los valores económicos utilizados han sido estimados a partir del precio de la energía extraído de facturas de suministro de las compañías de distribución -precio a diciembre de 2012-, incrementando el valor con los gastos indirectos que las compañías de suministro utilizan en sus facturas energéticas (tramos fijos y contadores). Finalmente se estima un precio de la electricidad 0,20 €/kWh y del gas con 0,064 €/kWh.

El programa suministra los resultados en cuanto a electricidad -funcionamiento de la vivienda-, bombas de sistema -electricidad funcionamiento calderas-, generación de calor -producción de energía para calefacción- y agua caliente sanitaria.

12 Base de Datos ecoinvent (2011). En: <http://www.ecoinvent.ch>.

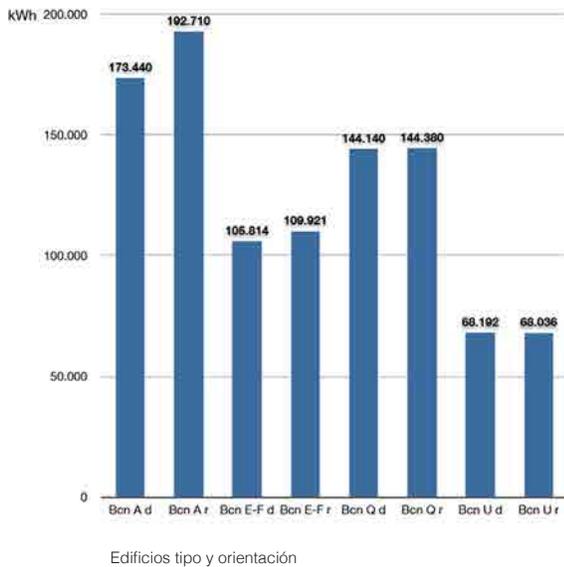
Se hará un análisis de las necesidades energéticas, económicas y las emisiones de CO₂ eq necesarias para conseguir el confort climático interior en invierno.

Los edificios que tienen un mayor consumo energético, gasto económico y emisiones de CO₂, son los de mayores dimensiones, por lo tanto también se analizarán los edificios por metro cuadrado, asunto que permitirá un valor de comparación entre ellos.

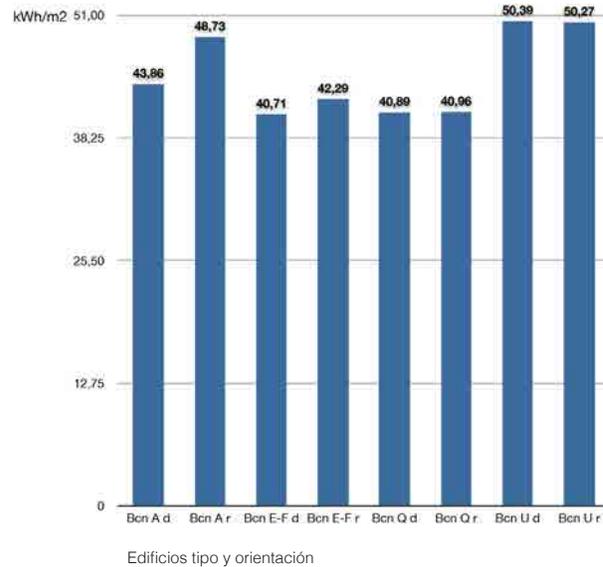
Los edificios de mayor consumo de energía son por orden: El A, seguido del Q, el EF y finalmente el UNI14 (Ver gráfica 4.1 Comparativa de consumos de energía de calefacción según edificio y orientación para Barcelona kWh). Al hacer la valoración por metro cuadrado los resultados varían (Ver gráfica 4.2 Comparativa de consumos de energía de calefacción por superficie según edificio y orientación para Barcelona kWh/m²) y el edificio unifamiliar será el de mayor consumo energético, seguido por el bloque A de viviendas dúplex, el bloque lineal E-F de viviendas por planta y finalmente el bloque Q.

La forma del edificio, compacidad y esbeltez, influyen en el consumo de energía, aporta una referencia respecto de su forma y de la cantidad de piel del edificio expuesta al exterior.¹³ (Ver cuadro 4.4 Dimensiones, orientación de superficies, volumetría, coeficiente de compacidad y esbeltez).

13 Coch ,H, Serra, R. et al (1994).



Gráfica 4.1 Comparativa de consumos de energía de calefacción según edificio y orientación para Barcelona kWh. (Fuente: Elaboración del autor).



Gráfica 4.2 Comparativa de consumos de energía de calefacción por superficie según edificio y orientación para Barcelona kWh/m². (Fuente: Elaboración del autor).

Bloque A Diagon	Total	Norte (315° a 45°)	Este (45° a 135°)	Sur (135° a 225°)	Oeste (225° a 315°)
Área de Muros m2	3.954,50	1.193,39	959,13	1.012,11	789,87
Área de ventanas m2	1.107,17	198,70	253,07	567,31	88,09
Ratio ventana/muros %	27,99	16,68	26,41	56,14	11,18
Bloque A rec	Total	Norte (315° a 45°)	Este (45° a 135°)	Sur (135° a 225°)	Oeste (225° a 315°)
Área de Muros m2	3.954,50	787,13	1.187,62	906,75	1.073,00
Área de ventanas m2	1.107,17	100,19	186,60	253,09	567,29
Ratio ventana/muros %	27,99	12,73	15,71	27,91	52,84
Área de cubierta m2	1.162,69				
Altura	30,25				
Volumen m3	11.451,00				
Coef. de compacidad	0,333				
Coef. esbeltez	0,844				
Bloque EF Diagon	Total	Norte (315° a 45°)	Este (45° a 135°)	Sur (135° a 225°)	Oeste (225° a 315°)
Área de Muros m2	2.289,71	346,37	1.065,21	153,82	724,31
Área de ventanas m2	597,25	26,14	156,92	66,29	347,90
Ratio ventana/muros %	26,08	7,55	14,73	43,10	48,03
Bloque EF Rec	Total	Norte (315° a 45°)	Este (45° a 135°)	Sur (135° a 225°)	Oeste (225° a 315°)
Área de Muros m2	2.289,71	1.063,86	190,07	691,43	344,35
Área de ventanas m2	597,25	156,92	111,02	303,17	26,14
Ratio ventana/muros %	26,08	14,75	58,41	43,85	7,59
Área de cubierta m2	526,80				
Altura	13,75				
Volumen m3	7.536,00				
Coef. de compacidad	0,472				
Coef. esbeltez	0,728				
Bloque Q Diagon	Total	Norte (315° a 45°)	Este (45° a 135°)	Sur (135° a 225°)	Oeste (225° a 315°)
Área de Muros m2	3.538,67	746,00	971,18	799,12	1.022,37
Área de Ventanas m2	1.028,10	209,06	209,20	402,75	207,09
Ratio ventana/muros %	29,05	28,02	21,54	50,40	20,26
Bloque Q Rec	Total	Norte (315° a 45°)	Este (45° a 135°)	Sur (135° a 225°)	Oeste (225° a 315°)
Área de Muros m2	3.538,67	799,15	971,18	799,12	969,22
Área de ventanas m2	1.028,10	118,29	244,25	422,83	242,73
Ratio ventana/muros %	29,05	14,89	25,15	52,91	25,04
Área de cubierta m2	244,18				
Altura	41,25				
Volumen m3	10.438,00				
Coef. de compacidad	0,457				
Coef. esbeltez	0,978				
Ufamiliar 14 Diagon	Total	Norte (315° a 45°)	Este (45° a 135°)	Sur (135° a 225°)	Oeste (225° a 315°)
Área de Muros m2	1.014,79	9,87	497,52	83,41	423,99
Área de ventanas m2	147,24	12,62	90,90	7,51	36,21
Ratio ventana/muros %	14,51	127,78	18,27	9,00	8,54
Ufamiliar 14 Rec	Total	Norte (315° a 45°)	Este (45° a 135°)	Sur (135° a 225°)	Oeste (225° a 315°)
Área de Muros m2	1.014,79	473,31	134,60	372,80	34,08
Área de ventanas m2	147,23	90,95	12,49	31,23	12,56
Ratio ventana/muros %	14,51	19,22	9,28	8,38	36,84
Área de cubierta m2	858,87				
Altura	8,25				
Volumen m3	4.186,00				
Coef. de compacidad	0,436				
Coef. esbeltez	0,446				

Cuadro 4.4. Dimensiones, orientación de superficies, volumetría, coeficiente de compacidad y esbeltez. Realizado por el autor a partir de datos del programa DB y evaluaciones propias.



Foto 4.5. Edificio A, fachada principal. (Fuente: Elaboración del autor, resultados del programa DB).

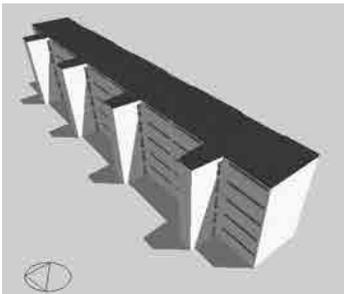


Foto 4.6. Edificio EF, fachada principal. (Fuente: Elaboración del autor, resultados del programa DB).



Foto 4.7. Edificio Q, fachada principal. (Fuente: Elaboración del autor, resultados del programa DB).



Foto 4.8. Edificio unifamiliar 14, fachada principal. (Fuente: Elaboración del autor, resultados del programa DB).

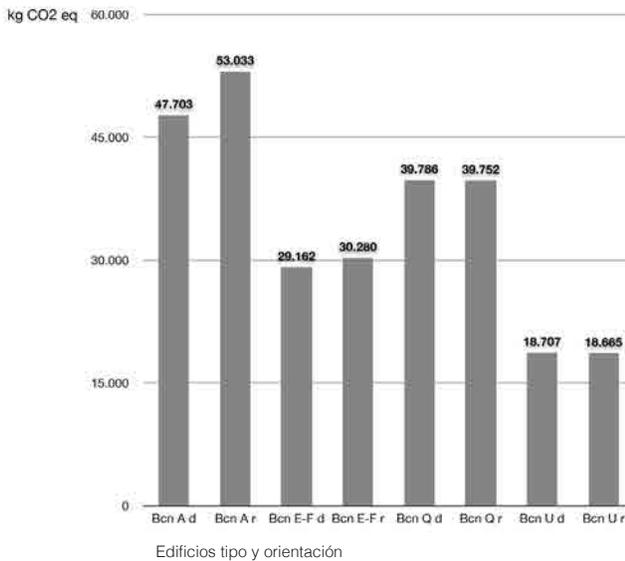
Los edificios más compactos tendrán un consumo menor: $EF=0,472$ y $Q=0,457$, el valor máximo de compactación es 1 correspondiente a una esfera, valores adimensionales, ya que a mayor compactidad, menor contacto con las condiciones climáticas exteriores y menor pérdida de energía. Así mismo, si el edificio es muy compacto se reducirán las posibilidades de captación solar y ventilación natural. Los menos compactos son el $UNI14=0,436$ y el $A=0,333$, edificios con un mayor consumo de energía, lo que corresponde entonces a mayores emisiones de CO_2 eq y un gasto económico elevado.

La esbeltez define que tan estilizado es un edificio en sentido vertical. Los edificios más esbeltos: $Q=0,978$ y $A=0,844$ tiene un menor contacto con el suelo y un mayor grado de exposición climática. Los menos esbeltos son $EF=0,728$ y el $Uni41=0,446$.

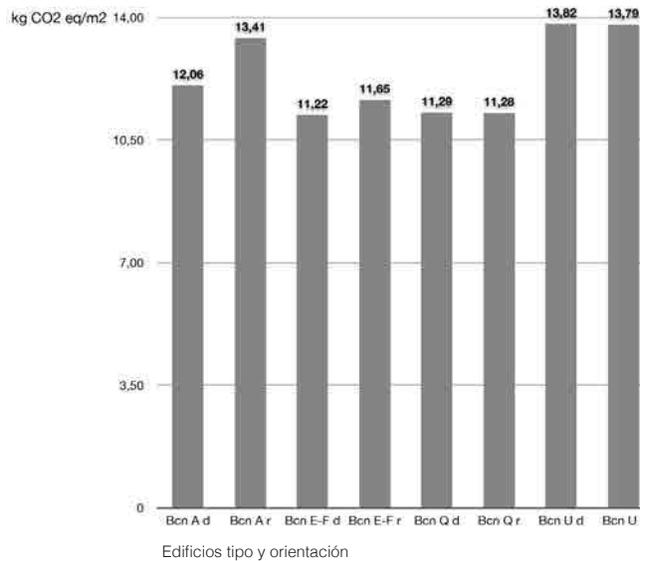
En este apartado se hace un análisis partiendo de la hipótesis de las variaciones de la orientación de los edificios de la posición "REC", -la construida-, a la "DIAGON". Los resultados arrojan una mejora en los valores energéticos, debido a la ganancia solar por ventanas exteriores y a una reducción sensible en los valores de consumo de energía (Ver gráfica 4.2 Comparativa de consumos de energía de calefacción por superficie según edificio y orientación para Barcelona kWh/m²). En el Bloque A, al hacer el giro, se logra un aumento de la cantidad de m² orientados hacia el sur, permitiendo una mayor asoleo- y por lo tanto, su aporte al global de energía. En el caso de Bloque EF se reduce la exposición a norte -y por lo tanto las pérdidas de energía por sus cerramientos-, aumenta la exposición a este y oeste -sol de mañana y tarde- asunto que en verano puede generar sobrecalentamientos si no se controla correctamente con persianas. En el UNI14, hay una mejora por su exposición a norte que reduce las pérdidas por los cerramientos y aumenta la exposición de sol de este a oeste, asunto que podría generar sobrecalentamiento en época de verano al igual que en el Bloque F y en el Bloque Q, por su morfología, aunque hay una mejora en cuanto a asoleo de todas sus fachadas, las variaciones son mínimas.

En general las mejoras que se consiguen con la variación de la orientación de los edificios respecto de su posición inicial son mínimas, se aumenta sensiblemente la captación de energía solar por las ventanas, pero no se conserva su energía debido a las características constructivas y tipo de muros y oberturas, las cuales no permiten conservar la energía en el interior. La relación entre ventanas y muros es muy similar -entre 26% y un 29%- excepto en las Unifamiliares que se reduce hasta el 14,51% lo que significa muy poca cantidad de ventana respecto del muro y por lo tanto poca captación solar.

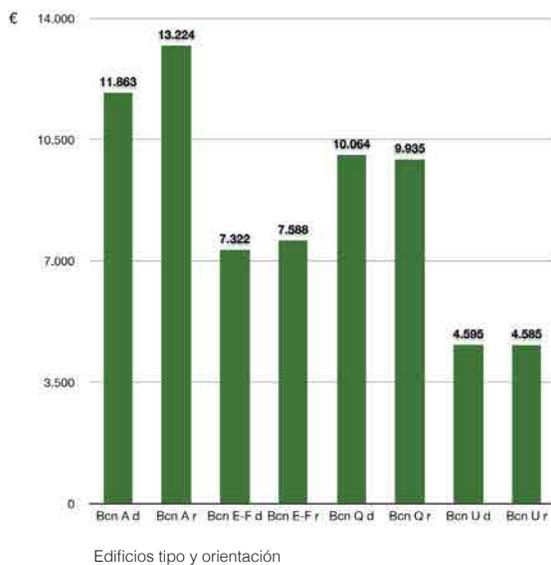
Las emisiones de CO2 eq (ver gráfica 4.3 y 4.4) como las económicas (Ver gráficas 4.5 y 4.6) tienen un comportamiento paralelo a las de consumo energético para calefacción. Los edificios que más emisiones por metro cuadrado (kg CO2 eq/m2) tendrán un comportamiento similar y en el mismo orden; Unifamiliares, dúplex, Bloque lineal EF y finalmente la Torre Q. Las diferencias de emisiones entre el A, EF y Q serán y en el caso de los unifamiliares se registra un leve incremento.



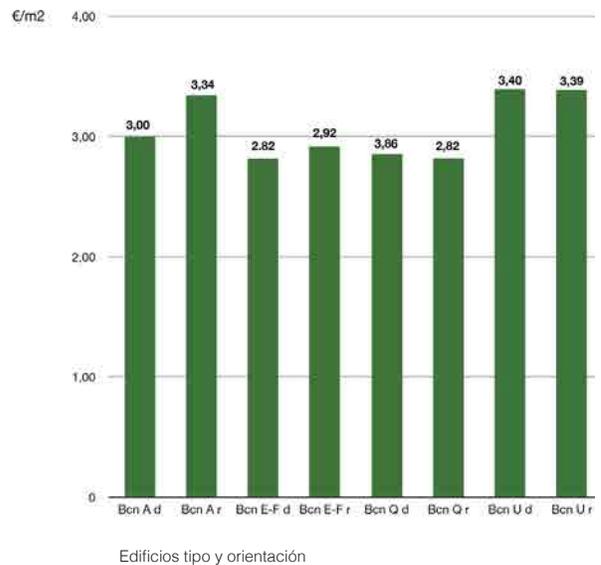
Gráfica 4.3. Comparativa emisiones de gases de calefacción según edificio y orientación para Barcelona. CO2 eq. (Fuente: Elaboración del autor).



Gráfica 4.4. Comparativa emisiones de gases por superficie según edificio y orientación para Barcelona CO2 eq/m2. (Fuente: Elaboración del autor).



Gráfica 4.5. Comparativa coste económico de calefacción según edificio y orientación para Barcelona, €. (Fuente: Elaboración del autor).



Gráfica 4.6. Comparativa coste económico € por superficie según edificio y orientación para Barcelona, €/m2. (Fuente: Elaboración del autor).

Los tipos de edificios con un mayor consumo energético de emisiones y de coste económico serán en su orden; el unifamiliar, seguido del dúplex, el bloque lineal y la torre. Existe una relación clara entre la cantidad de envolvente y el volumen que contienen. Las tipologías unifamiliares y dúplex disponen de una proporción superior de piel respecto del volumen interior y por lo tanto mayores pérdidas de energía por su piel.

Los resultados de los edificios tipo permiten hacer una extrapolación por metro cuadrado a todo el conjunto del barrio de Montbau, el cual quedará reflejado en el siguiente cuadro resumen (Ver cuadro 4.5 Resumen barrio de Montbau actual, consumo total de energía de calefacción, emisiones de CO2 eq y coste económico). Con este se puede valorar el conjunto de energía de calefacción consumida, las emisiones de CO2 eq y el coste económico para conseguir el confort interior requerido.

En la actualidad las 1.959 viviendas tienen un consumo de energía de 6.913.507 kWh con unas emisiones de 1.903.629 Kg de CO2 eq y un coste de 475.901 €. Al dividir el coste económico por el número de viviendas, resulta que cada vivienda requiere 243 € para gasto de calefacción. Al realizar la misma operación con las emisiones de CO2 eq, cada vivienda emite 971,7 Kg de CO2 al año y consume 3.529,1 kWh de energía de calefacción.

ESTADO ACTUAL EDIFICIO	Tipología de edificio	Número de viviendas	Superficie construida	Superficie útil	Energía de calefacción kWh/m2	Total energía de calefacción kWh	Emisiones Kg CO2 eq/m2	Total emisiones de Kg CO2 eq	Coste energía de calefacción €/m2	Total Coste energía de calefacción €
BLOQUE A	Dúplex	32	3.954	3.595	48,73	192.678	13,41	53.023	3,34	13.206
BLOQUE B	Lineal	50	4.350	3.955	42,29	183.962	11,65	50.678	2,92	12.702
BLOQUES C - D	Lineal	56	5.220	4.745	42,29	220.754	11,65	60.813	2,92	15.242
BLOQUES E - F	Lineal	140	8.960	8.145	42,29	378.918	11,65	104.384	2,92	26.163
BLOQUES G	Lineal	140	9.733	8.848	42,29	411.609	11,65	113.389	2,92	28.420
BLOQUE H	Lineal	150	10.552	9.593	42,29	446.244	11,65	122.931	2,92	30.812
BLOQUES I	Lineal	142	8.958	8.144	42,29	378.834	11,65	104.361	2,92	26.157
BLOQUES J	Lineal	40	3.398	3.089	42,29	143.701	11,65	39.587	2,92	9.922
BLOQUES K	Lineal	51	4.036	3.669	42,29	170.682	11,65	47.019	2,92	11.785
BLOQUES L	Lineal	30	1.798	1.635	42,29	76.037	11,65	20.947	2,92	5.250
BLOQUES N	Dúplex	120	13.504	12.276	48,73	658.050	13,41	181.089	3,34	45.103
UNIFAMILIAR 14	Unifamiliar	14	1.353	1.230	50,27	68.015	13,79	18.658	3,39	4.587
UNIFAMILIAR 52	Unifamiliar	52	7.366	6.696	50,27	370.289	13,79	101.577	3,39	24.971
BLOQUES P	Lineal	387	33.361	30.328	42,29	1.410.837	11,65	388.656	2,92	97.414
BLOQUES Q	Torre	504	39.150	35.591	40,96	1.603.584	11,28	441.612	2,82	110.403
BLOQUES R	Lineal	51	4.713	4.285	42,29	199.313	11,65	54.906	2,92	13.762
TOTAL		1.959	160.406	145.824		6.913.507		1.903.629		475.901

Cuadro 4.5. Resumen barrio de Montbau actual, consumo total de energía de calefacción, emisiones de CO2 eq y coste económico. Realizado por el autor a partir de datos del programa DB y evaluaciones propias.

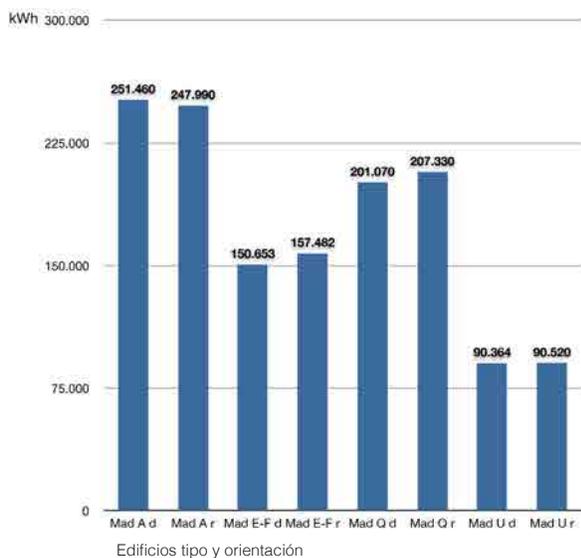
4.4

Evaluación de los edificios tipo implantados en Madrid y Girona.

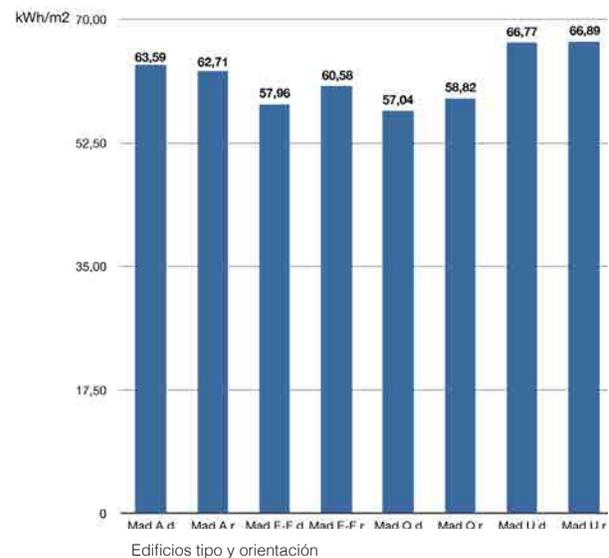
Como ejercicio de demostración y comprobación del comportamiento de la piel del edificio se hace un análisis hipotético implantando los edificios tipo en lugares con condiciones diferentes en cuanto a condiciones climáticas y estudiando las variaciones anteriormente propuestas en el caso de un cambio en su orientación. Los edificios se implantan hipotéticamente entonces, en las ciudades de Madrid y Girona para hacer los análisis correspondientes.

Los resultados para la ciudad de Madrid (Ver Documentos Complementarios 4-1. Resultados para Barcelona, Madrid y Girona) describen un esquema similar al expuesto anteriormente para Barcelona pero con un mayor consumo de energía, emisiones de CO₂ eq y coste económico debido al clima más severo; temperaturas mas bajas en invierno. De igual manera las variaciones en caso de su giro, serán similares y sin una mayor variación en cuanto a asoleo y pérdida de energía.

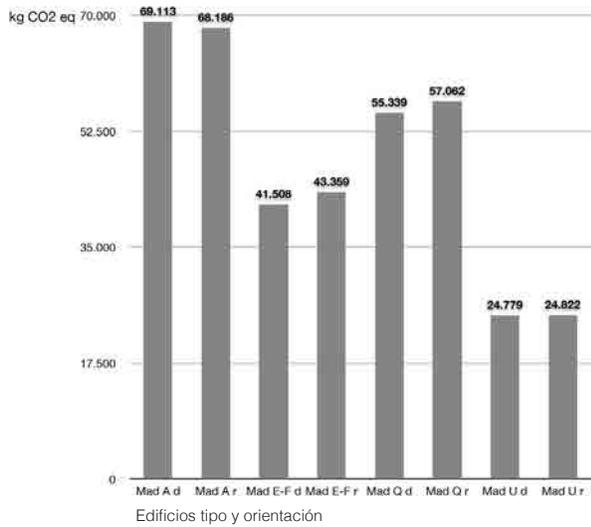
Las gráficas (Ver gráficas de la 4.7 a la 4.12) en los casos hipotéticos del análisis estos mostrarán que la tipología que podría consumir más energía será la Unifamiliar –UNI14- seguida de los dúplex -Bloque A- viviendas por planta –Bloque E/F- y finalmente la tipología de torre -Bloque Q-. La variación de la orientación produciría unos resultados mínimos; se conseguiría reducir el consumo pero con un valor muy reducido debido a la composición de su piel.



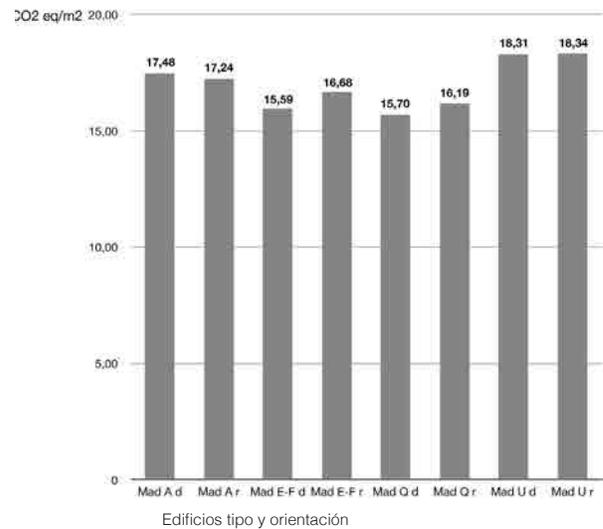
Gráfica 4.7. Comparativa de consumos de energía de calefacción según edificio y orientación para Madrid, kWh. (Fuente: Elaboración del autor).



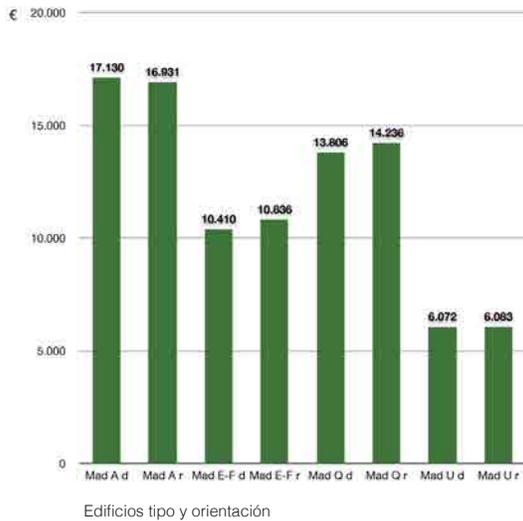
Gráfica 4.8. Comparativa de consumos de energía de calefacción por superficie según edificio y orientación para Madrid, kWh/m². (Fuente: Elaboración del autor).



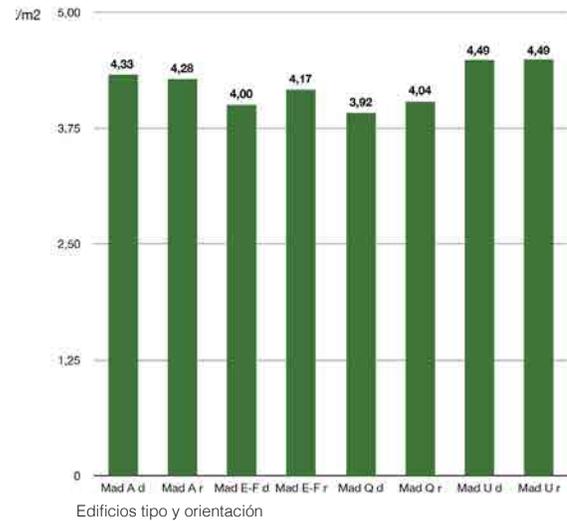
Gráfica 4.9. Comparativa emisiones de gases de calefacción según edificio y orientación para Madrid, CO2 eq. (Fuente: Elaboración del autor).



Gráfica 4.10. Comparativa emisiones de gases de calefacción por superficie según edificio y orientación para Madrid, CO2 eq/m2. (Fuente: Elaboración del autor).



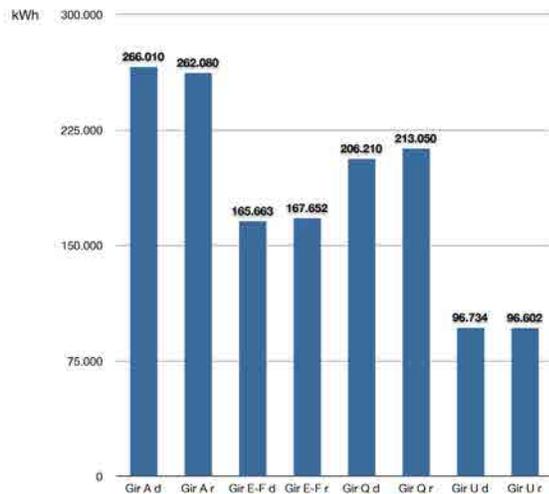
Gráfica 4.11. Comparativa coste económico € de calefacción según edificio y orientación para Madrid, €. (Fuente: Elaboración del autor).



Gráfica 4.12. Comparativa coste económico € por superficie según edificio y orientación para Madrid, €/m2. (Fuente: Elaboración del autor).

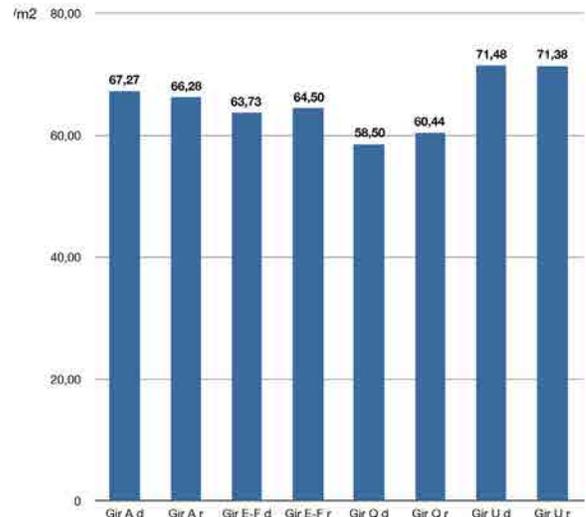
En Girona (Ver Documentos Complementarios 4-1. Resultados para Barcelona, Madrid y Girona) aumentaría el consumo debido a la variación de la situación climática – una más baja temperatura y un aumento de humedad-. Los efectos en el cambio de la orientación también serán, al igual que en los casos anteriores- mínimos. (Ver gráficas de la 4.13 a la 4.18)

Los resultados obtenidos en los dos casos hipotéticos comparados con la situación actual de los edificios, permite concluir que las condiciones climáticas menos favorables las ofrece el emplazamiento de Girona, seguido de Madrid y finalmente Barcelona. Las condiciones climáticas extremas de Madrid y Girona llevan a la necesidad de una mayor calefacción que no requiere el clima mediterráneo de Barcelona.



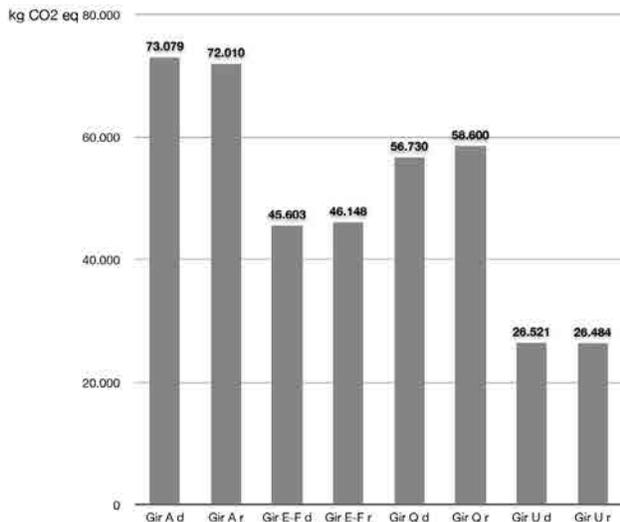
Edificios tipo y orientación

Gráfica 4.13. Comparativa de consumos de energía de calefacción según edificio y orientación para Girona, kWh (Fuente: Elaboración del autor).



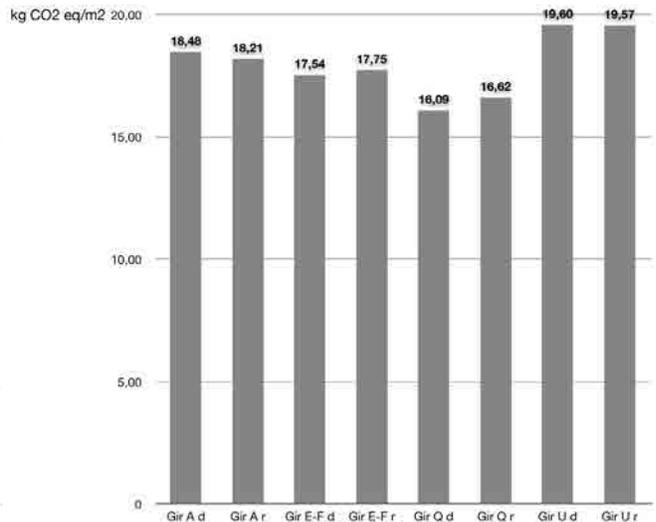
Edificios tipo y orientación

Gráfica 4.14. Comparativa de consumos de energía de calefacción por superficie según edificio y orientación para Girona, kWh/m² (Fuente: Elaboración del autor).



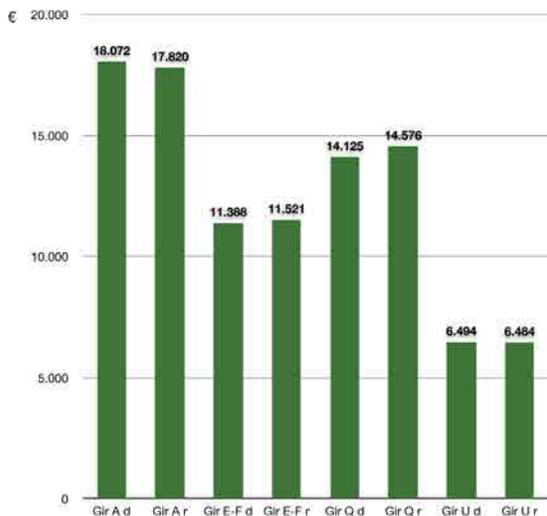
Edificios tipo y orientación

Gráfica 4.15. Comparativa emisiones de gases de calefacción según edificio y orientación para Girona, CO₂ eq (Fuente: Elaboración del autor).



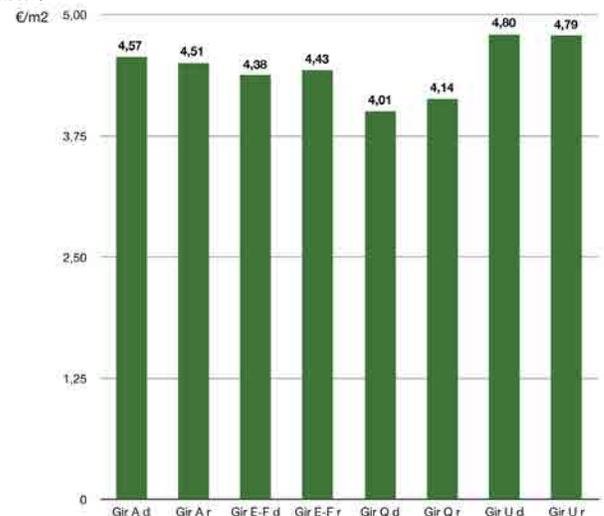
Edificios tipo y orientación

Gráfica 4.16. Comparativa emisiones de gases de calefacción por superficie según edificio y orientación para Girona, CO₂ eq/m² (Fuente: Elaboración del autor).



Edificios tipo y orientación

Gráfica 4.17. Comparativa coste económico de calefacción según edificio y orientación para Girona, € (Fuente: Elaboración del autor).



Edificios tipo y orientación

Gráfica 4.18. Comparativa coste económico por superficie según edificio y orientación para Girona, €/m² (Fuente: Elaboración del autor).

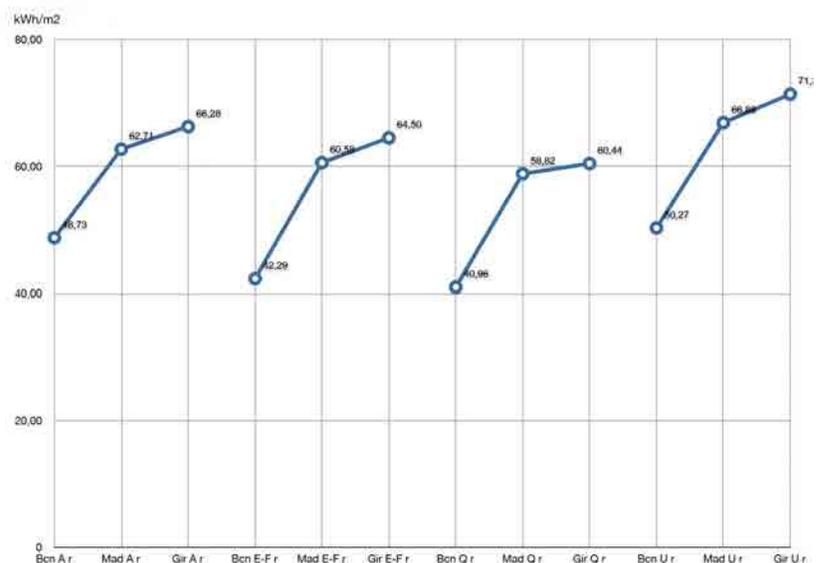
4.5

Diagnosis y descripción de déficits

Todos los edificios tienen un elevado consumo energético, con elevadas emisiones de CO₂ eq y un coste económico considerable para conseguir un confort en el interior de las viviendas.

La tipología de edificios con un mayor consumo serán los unifamiliares –UNI14- seguido del tipo dúplex –Bloque A- a continuación el bloque lineal –Bloque E/F- y finalmente el tipo torre –Bloque Q-. (Ver gráficas 4.19, 4.20 y 4.21). Los edificios más compactos –E/F y Q- serán los que consumen menos. La tipología de vivienda influye en los consumos, cuanto más compacto es un edificio menor será su pérdida pues dispone de menor cantidad de piel en contacto con el exterior, elemento regulador clave para conseguir unos espacios confortables con un mínimo consumo.

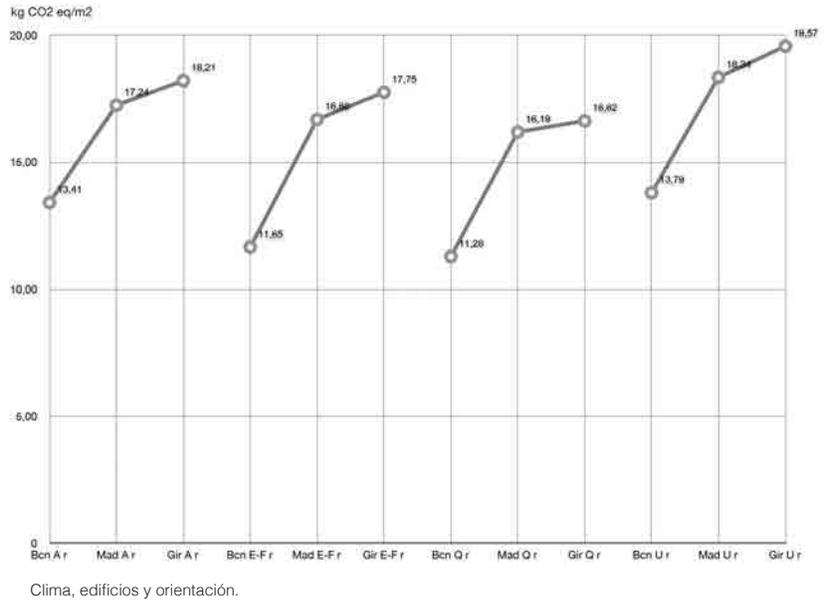
Los cambios en su orientación no generan un cambio drástico, debido a las condiciones constructivas de la piel -muros y ventanas- que no retienen la energía en el interior. Las condiciones de mejora logradas en el cambio de posición se perderán por la transmisión térmica a través de la envolvente como el elemento regulador.



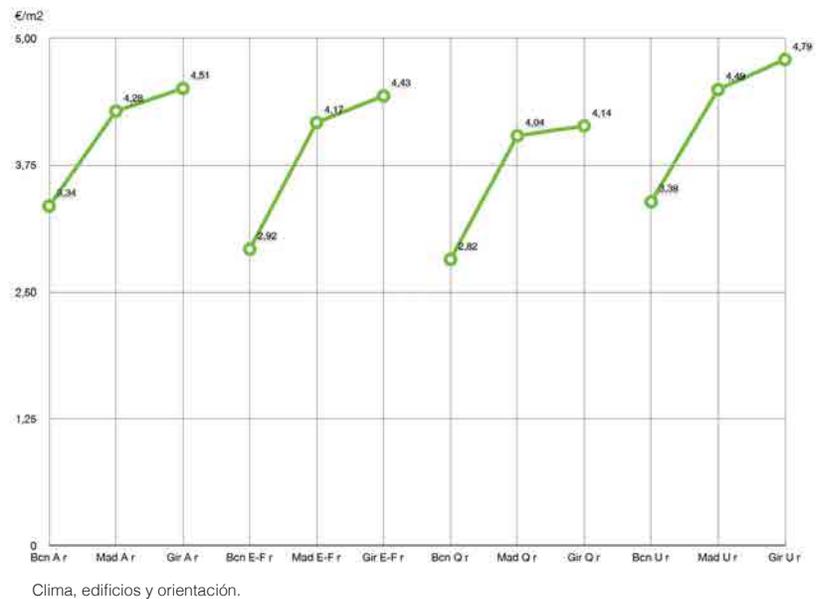
Gráfica 4.19. Resumen consumo de energía de calefacción por m², kWh/m², de los 4 tipos de edificio según clima. (Fuente: Elaboración del autor).

Clima, edificios y orientación.

Gráfica 4.20. Resumen emisiones de CO₂ eq de calefacción por m², CO₂ eq/m², de los 4 tipos de edificio según clima. (Fuente: Elaboración del autor).

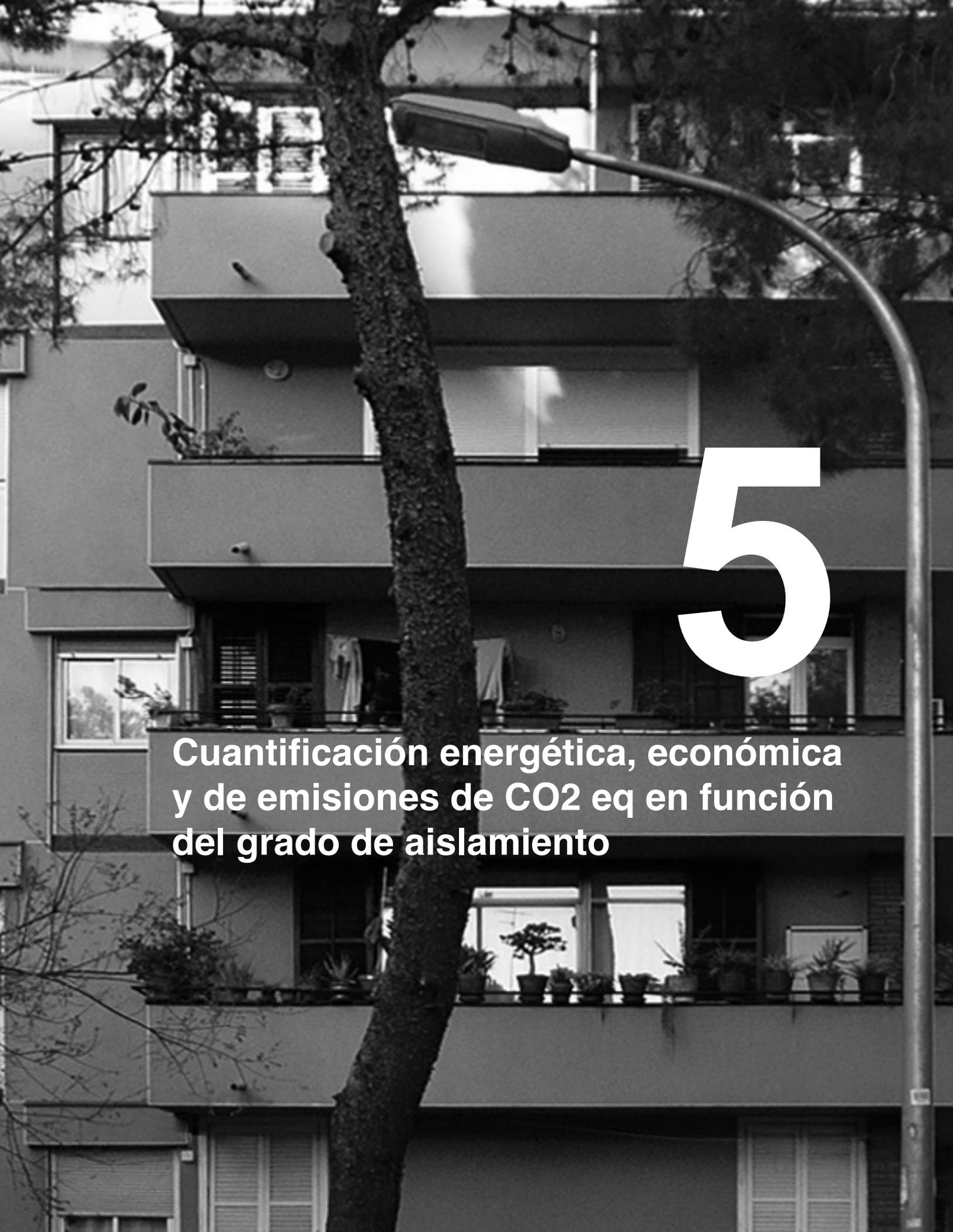


Gráfica 4.21. Resumen coste económico de calefacción por m², €/m² de los 4 tipos de edificio según clima. (Fuente: Elaboración del autor).



En los climas más severos entonces el consumo para lograr las condiciones de confort ideales, será mayor.

El estudio global del barrio en la situación actual evidencia la utilización de cantidades de energía importantes con su respectivo índice elevado de emisiones de CO₂ eq y un coste económico considerable. Se supone sobre los análisis y estudios realizados que la mayoría de viviendas están en una situación de disconfort.

A black and white photograph of a multi-story apartment building with balconies, a tree in the foreground, and a street lamp. The building has several balconies with plants and laundry. A large tree trunk is in the foreground, and a street lamp is on the right side.

5

Cuantificación energética, económica y de emisiones de CO₂ eq en función del grado de aislamiento

5.1

Introducción

En la construcción del edificio, la envolvente dependerá en muchos casos de su viabilidad técnica y rentabilidad económica, además de la postura y tendencia estética y de diseño. La toma de conciencia por parte de la sociedad, en los temas de sostenibilidad, ha generado nuevas exigencias medioambientales para los edificios. La escasez de recursos energéticos, la sobre explotación de recursos no renovables, - gas, petróleo, carbón - y las amenazas naturales causadas por el sobrecalentamiento global, exigen la incorporación de nuevos aspectos ambientales asociados a temas energéticos y ambientales que permitan la reducción del consumo de energía y de emisiones de gases de efecto invernadero.

La piel de los edificios tiene un papel fundamental en la misión de conseguir esta eficiencia energética, en la reducción de las emisiones de CO2 eq y en el equilibrio económico y ambiental del planeta. Con este objetivo, la construcción debe conseguir un ambiente interior lo mas próximo a las condiciones de confort y garantizar esta función durante su vida útil. El diseño de esta piel y la elección de los materiales que la componen, son básicos para regular el ambiente interior y reducir los aportes energéticos para conseguir el deseado confort.

Las fluctuaciones ambientales externas han de pasar a través de esta piel antes de afectar a la temperatura interior. El flujo de calor, -energía-, depende de cómo está constituida la piel y cómo están definidas las diversas capas que la componen¹. La adición de nuevas capas a las existentes, permitirá actualizar estas envolventes, mediante un estudio detallado de las diversas posibilidades constructivas y estéticas, adaptadas al entorno donde está situado el edificio.

Los materiales de aislamiento actúan ofreciendo resistencia al paso de la energía y cada material tendrá un coeficiente de conductividad térmica propio. Su selección y puesta en obra, transformará las características de las pieles existentes².

Es en la vivienda -lugar que habitamos- donde se puede lograr ésta mejora. El parque constructivo de vivienda, es el de mayor extensión – se requiere de cobijo-, será donde se desarrollan la mayoría de las actividades y su mejora tendría un efecto exponencial. Un número elevado de viviendas no cumplen los mínimos requisitos de confort – como hemos observado en los capítulos 3 y 4-, asunto que conlleva

¹ Olgyay, V. (1998).

² Olgyay, V. (1998).

elevados costes energéticos, económicos y de emisiones de CO2 eq a la atmósfera del planeta.

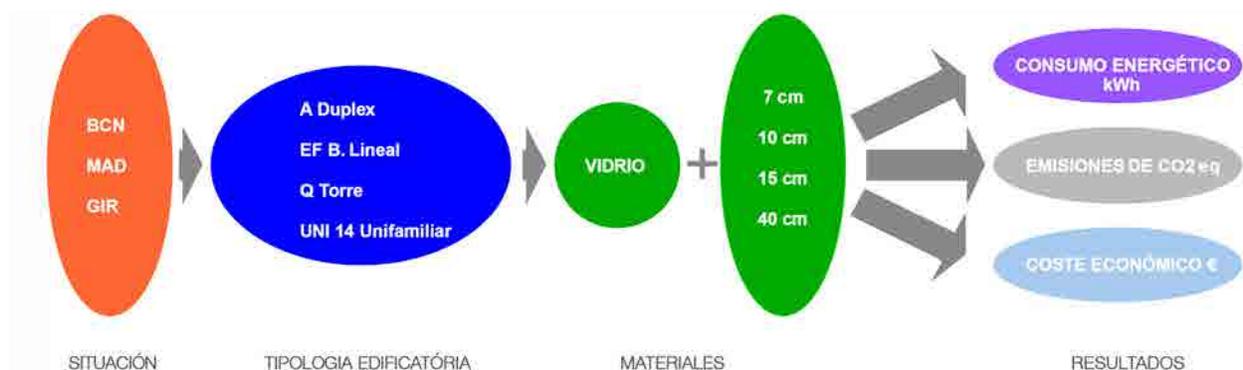
En este capítulo, a partir de la evaluación de la demanda energética, emisiones de CO2 eq y coste económico de los edificios tipo del Barrio de Montbau en Barcelona –edificios A, EF, Q y UNI14-, se hará el estudio de la evolución de estos en función del grosor y aislamiento con un material específico estándar y en diferentes condiciones ambientales tomando el caso hipotético, sobre climas diferentes de ciudades Españolas específicas; Madrid y Girona- (Ver Figura 5.1). El objetivo del capítulo es el de evaluar el comportamiento interno de las viviendas en función de un coeficiente de transmisión térmica λ -diversos materiales de aislamiento cumplen estas características- y evaluar cómo se mejoran las condiciones internas de los edificios en función de diversos grosores establecidos -7, 10, 15 y 40 cm-. El capítulo pretende analizar cómo evolucionan los edificios tipo del Barrio de Montbau con estas mejoras, cómo se reduce el consumo de energía, las emisiones de CO2 eq y el coste económico y conseguir unos espacios confortables en invierno. No se pretende analizar, ni establecer comparación con diversos estándares que se están implantando en diversos países de Europa –Minergie, Passivhaus y otros³.

3 Wassouf, M. (2014).

Los resultados podrán extrapolarse -en función del tipo constructivo- a todo el barrio de Montbau. Se establecen las comparaciones con los resultados actuales, valorando aquello que significa la mejora global de la envolvente de los edificios y cómo estos pueden incidir en la reducción de las emisiones de carbono a la atmosfera, reducir la dependencia energética y económica de los combustibles fósiles, lograr el grado de confort ideal y contribuir al medio ambiente.

Se establece para el análisis, el comportamiento de la piel utilizando como recubrimiento un material estándar – diversos materiales de aislamiento tienen estas características como las lanas de roca o poliestireno extrusionado- con un coeficiente de conductividad térmica

Figura 5.1 Esquema de análisis de los edificios tipo (Fuente: Elaboración del autor).



de $\lambda = 0,031 \text{ w/m}^2\text{°K}$, y cuatro tipos de gruesos -7 cm, 10 cm, 15 cm y 40 cm-. Para la cubierta se utiliza poliestireno extrusionado con una conductividad de $\lambda = 0,025 \text{ w/m}^2\text{°K}$ con los mismos tipos de grueso, producto ideal para cubiertas por su resistencia a la intemperie. Se proponen materiales estándar, de fácil montaje, con tecnología comprobada y coste equilibrado. Actualmente se dispone de gran variedad de materiales con diversidad de eficiencias, grosores, sistemas de montaje y precios⁴. Así mismo, están disponibles diversos materiales naturales, reciclables, de gran valor aislante pero cuyo precio energético de fabricación es muy elevado⁵.

⁴ Rovira, JI y Cadado, I. (1999).

⁵ Sol-arq (2011). En: www.sol-arq.com.

Se hará así mismo, el análisis donde se reemplazan las ventanas actuales de vidrio sencillo de 3 mm, por un vidrio doble con cámara de aire (4/12/6 mm) con una transmitancia térmica de $U = 1,772 \text{ w/m}^2\text{°K}$, tomando un valor estandarizado y utilizado en construcción⁶.

⁶ Rovira, JI y Cadado, I. (1999).

Con estas variables y sobre las condiciones climáticas de las diferentes localizaciones -Barcelona, Madrid y Girona- (Ver capítulo 4 donde se definen las zonas climáticas), se analizarán los edificios tipo -A dúplex, EF longitudinal, Q torre y UNi14 viviendas unifamiliares en hilera-. Para tal fin, se introducirán los valores en el programa de análisis DesingBuilder, -sobre los edificios ya modelados-, para obtener los resultados. (Ver cuadro resumen 5.1 Propuesta de grado de aislamiento de los edificios A, EF, Q y UNI14 de Montbau en Barcelona 2012, en Capítulo Documentos Complementarios.

En el siguiente capítulo (Ver Capítulo 6) se desarrollan las soluciones constructivas estandarizadas, adaptadas a los edificios tipo analizados, donde se analizan los materiales y los sistemas de cerramiento adoptados.

5.2

Cuantificación de los edificios A, EF, Q y UNI 14 en función del grado de aislamiento y tipología en Barcelona.

Se pretende evidenciar la evolución de las necesidades de energía, emisiones de CO₂ eq y su coste económico, en función de los diversos grosores de aislamiento propuestos para los edificios tipo, con una renovación de la vidriería. Para realizar este análisis, se estudia la modificación del aislamiento, la afectación a nivel global y por metro cuadrado de edificio, para luego hacer un cuadro comparativo entre ellos. (Ver Documentos complementarios 5.1 Propuesta de grado de aislamiento de los edificios A, EF, Q y UNI14 de Montbau en Barcelona 2012 y anexo 5.1 Resultados del programa DesingBuilder para Barcelona 2012)⁷ (Ver fotos 1.1 a 1.4 detalles edificios del barrio de Montbau).

⁷ Ver anexo 5.1 Resultados DesingBuilder del grado de aislamiento de los edificios A, EF, Q y UNI 14 de Montbau en Barcelona año 2012.



Foto 5.1. Bloque A, detalle de fachada.



Foto 5.2. Bloque EF, detalle de fachada.



Foto 5.3. Bloque Q, detalle de fachada.



Foto 5.4. Bloque UNI14, detalle de fachada.

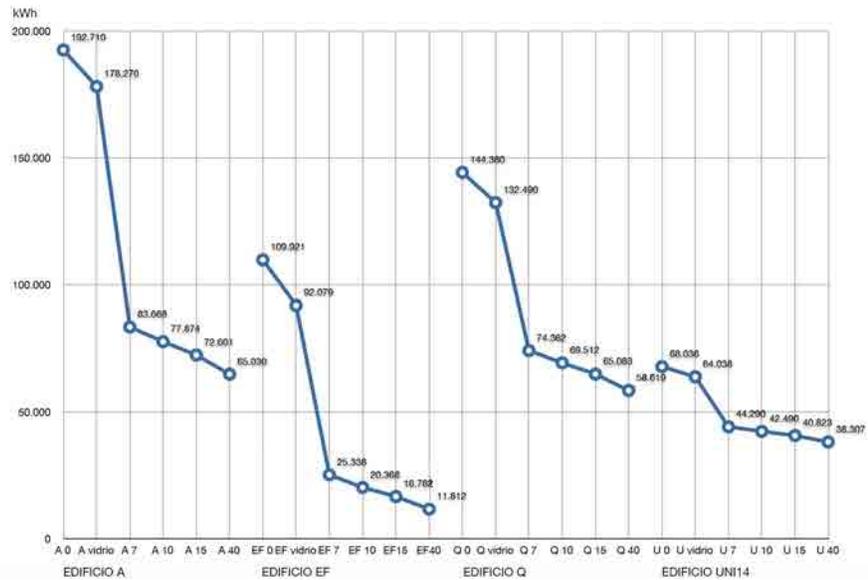
Las graficas resumen los resultados. En el caso de Barcelona, las modificaciones permitirán una mejora evidente en todos los edificios; el análisis muestra en el caso de la modificación de las carpinterías y los vidrios, una mejora de entre un 5 y un 16 % según el edificio. Cuando se interviene la envolvente total del edificio, con un primer grosor de 7 cm de aislamiento, la mejora representa un 77% en el Bloque EF, seguido del Bloque A con un 56%, el Bloque Q con un 49 % y finalmente el Unifamiliar con un 35%. Al observar la gráfica, se encuentra que la utilización del aislamiento entre los 7 cm y los 40 cm, tendría una mejora constante, pero acusa una afectación menor en función del grosor de aislamiento que se utiliza (Ver gráficas 5.1 a 5.6 y valores numéricos en documentos complementarios 5.1). Constatamos que la reducción de las pérdidas de energía mediante niveles elevados de aislamiento es la medida más eficaz para conservar la energía y establecer un confort interno estable. Se hace evidente que aumentar el grosor del aislamiento está sujeto a la ley de rendimientos decrecientes. El ahorro que supone aumentar el grosor de 4 a 6 cm es comparable al que se obtiene al aumentarlo de 6 a 12 cm. La gráficas constatan que, hacer edificios súper aislados, puede tener un coste superior al rendimiento que se obtiene, como se constata en la reducción del consumo de energía (Ver grafica 5.1 efecto del aislamiento en el consumo de energía de calefacción) en el que se observa que incorporar 7 cm de aislamiento representa una reducción de 94.602 kWh y que aumentar 8 cm más representa una reducción de solo 11.067 kWh . Es necesario estudiar con detenimiento la situación y el clima del edificio para proponer las soluciones correspondientes y adaptadas a éste⁸.

El análisis de la gráfica permite ver que la tipología del bloque lineal EF, comporta una reducción mayor se pasa de 42,29 kWh/m² a 9,75 kWh/m² un 76,94%. La renovación de la envolvente en el edificio dúplex produce una gran mejoría; se pasa de 48,73 kW/m² a 21,16 kW/m² – para 7 cm de aislamiento – un 56,57%, la torre Q, tendría una reducción considerable bajando su consumo a 21,10 kW/m² un 48,48%. El que reduce, en menor medida su consumo serán las viviendas unifamiliares en hilera UNI14, -un 23,05%-, llegando a los 32,73 kW/m² con 7 cm de aislamiento (Ver gráfica 5.2).

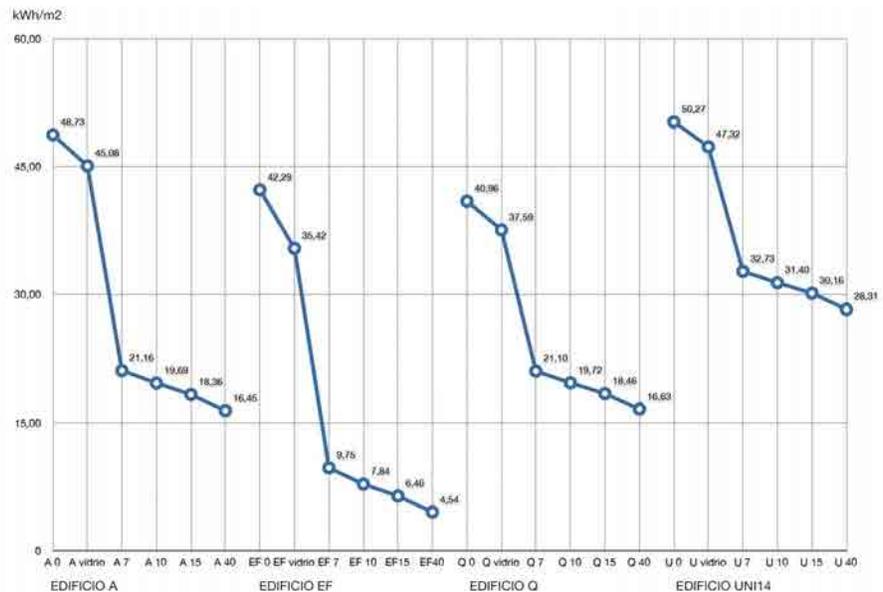
Las graficas resumen de datos expresan que, una mejora sustancial en el aislamiento, comporta unas reducciones considerables en los consumos de energía, en las emisiones de CO₂ eq y en el coste económico, para lograr el confort deseado en las viviendas.

Las gráficas (Ver graficas 5.3 y 5.4) evidencian que el efecto en las emisiones de CO₂ eq y el coste, son paralelos a los de consumo de

⁸ Abley, I. (2011).

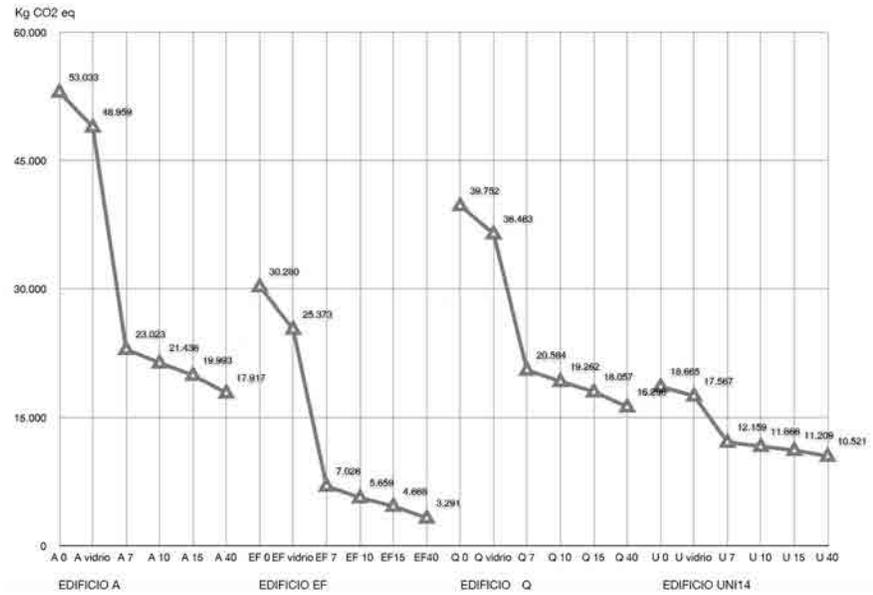


Gráfica 5.1. Efecto del aislamiento en el consumo de energía de calefacción, según edificio para Barcelona. kWh (Fuente: Elaboración del autor).

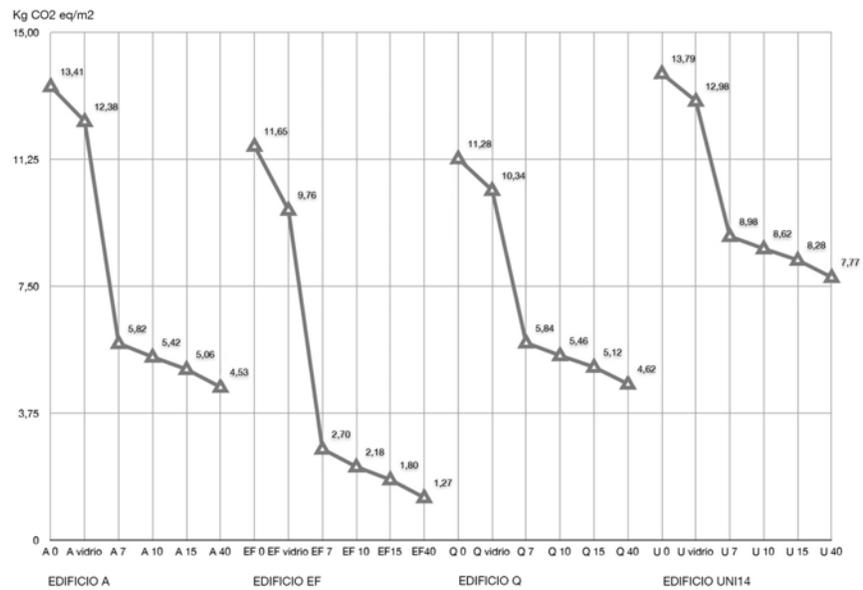


Gráfica 5.2. Efecto del aislamiento en el consumo de energía de calefacción por superficie, según edificio para Barcelona. kWh/m² (Fuente: Elaboración del autor).

energía y las emisiones de CO₂ eq tienen las mismas proporciones de reducción. Si se analiza la gráfica 5.3 de Kg CO₂ eq, en el edificio A, se evidencia el resultado que varía de 53.033 Kg CO₂ a 23.023 Kg CO₂ eq – en el caso del recubrimiento de 7 cm de aislamiento- y continúa bajando con una recta de reducción constante para el resto de grosores hasta 17.917 Kg CO₂ eq utilizando el recubrimiento de 40 cm. En el EF se pasa de 30.280 kg CO₂ eq a 7.026 Kg CO₂ eq -con 7 cm aislamiento-, hasta llegar a un máximo de 3.291 Kg CO₂ eq, utilizando 40 cm aislamiento. En la Torre Q, se reducen las emisiones de 39.782 Kg CO₂ eq a 20.584 Kg CO₂ eq con el recubrimiento de 7 cm y el máximo de 16.296 Kg CO₂ eq con los 40 cm de aislamiento-.

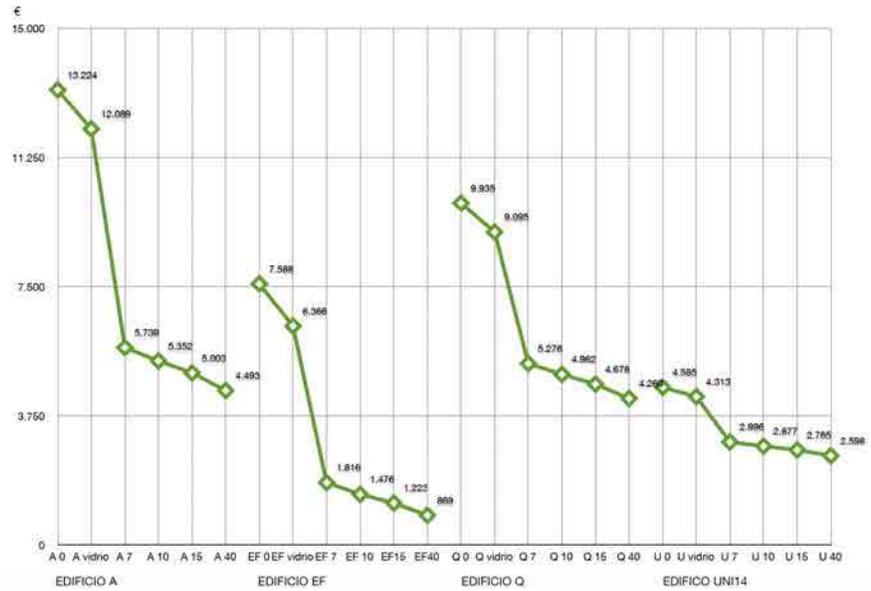


Gráfica 5.3. Efecto del aislamiento en las emisiones de CO2 eq de calefacción, según edificio para Barcelona. Kg CO2 eq (Fuente: Elaboración del autor).

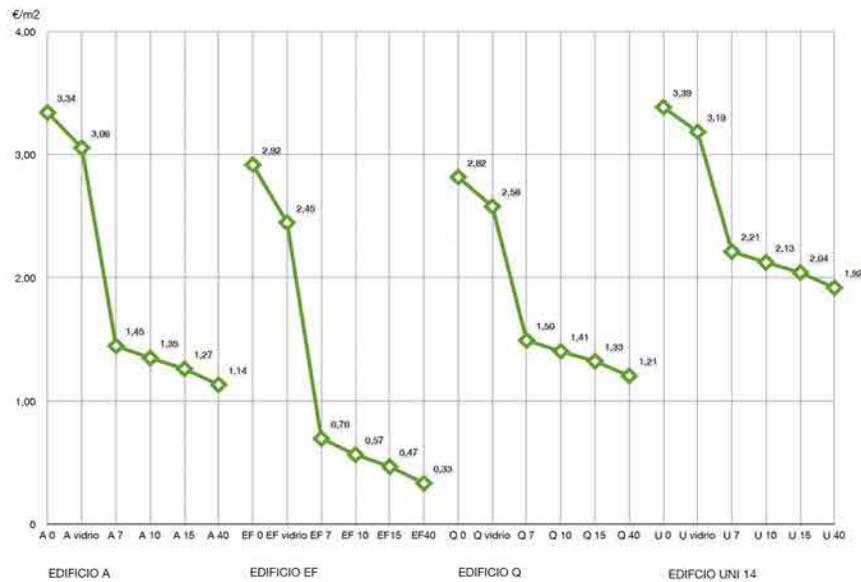


Gráfica 5.4. Efecto del aislamiento en las emisiones de CO2 eq de calefacción por superficie, según edificio para Barcelona. Kg CO2 eq/m2 (Fuente: Elaboración del autor).

Finalmente en las viviendas Unifamiliares la reducción proporcional será menor, -aunque considerable-. Las emisiones del conjunto pasarán de 18.665 Kg CO2 eq, a 12.159 Kg CO2 eq con el recubrimiento de 7 cm, para llegar a un máximo de 10.521 Kg CO2 eq con los 40 cm de recubrimiento. La mejora de la envolvente de los edificios, demuestra una reducción en el consumo de energía del edificio y las emisiones asociadas a ese uso. La manera más eficiente de reducir las emisiones de CO2 eq es reducir la demanda de energía precisa, para obtener la habitabilidad deseada en los interiores de las viviendas. Es necesario buscar la eficiencia, principalmente en el uso final, -edificaciones- y en su captación, transformación y transporte de materiales⁹.



Gráfica 5.5. Efecto del aislamiento en el coste económico de calefacción, según edificio para Barcelona. € (Fuente: Elaboración del autor).



Gráfica 5.6. Efecto del aislamiento en el coste económico de calefacción por superficie, según edificio para Barcelona. €/m2 (Fuente: Elaboración del autor).

Al revisar los valores por vivienda (Ver 5.1 Documentos Complementarios propuesta de grado de aislamiento de los edificios A, EF, Q y UNI14 de Montbau en Barcelona 2012) se evidencia que para el bloque A los valores de los consumos de calefacción actuales serán 2.408 kWh, 662 Kg CO2 eq y 165 € de coste de la energía. Mejorar su envolvente con 7 cm de aislamiento, significaría una reducción evidente; 1.045 kWh, 287 Kg CO2 y 71,74 € de coste de la energía de calefacción. En el caso de la mejora con la envolvente de 40 cm, los resultados acusan un 812 kWh, 223 Kg CO2 eq y 56 € respectivamente. En el edificio EF la gráfica muestra 2.748 kWh, 757 Kg CO2 eq y 189 €, la respuesta para 7 cm evidencia 633 kWh, 175 Kg CO2 eq y 45 €.

En el caso de la mejora con la envolvente de 40 cm los resultados acusan 295 kWh , 82 Kg CO2 eq y 21 €. En el caso de la Torre Q; los valores para los consumos de calefacción serán 2.578 kWh, 709 Kg CO2 eq y 177 € de coste de la energía. Mejorar su envolvente con 7 cm de aislamiento significaría pasar a los siguientes valores; 1.327 kWh, 367 Kg CO2 eq y 94 € de coste de la energía de calefacción. En el caso de la mejora con la envolvente de 40 cm, los resultados acusan un 1.046 kWh, 290 Kg CO2 eq y 76 € respectivamente. En el caso de las viviendas unifamiliares UNI1 14, los valores para los consumos de calefacción serán 4.859 kWh, 1.333 Kg CO2 eq y 327 € de coste de la energía. Mejorar su envolvente con 7 cm de aislamiento significaría pasar a los siguientes valores 3.163 kWh, 868 Kg CO2 eq y 214 € de coste de la energía de calefacción. En el caso de la mejora con la envolvente de 40 cms, los resultados acusan un 2.736 kWh, 751 Kg CO2 eq y 185,58 € respectivamente.

La tipología que responde de manera menos efectiva y eficiente a las mejoras propuestas será entonces la de las viviendas unifamiliares, seguida del edificio tipo dúplex y la tipología de torre. El edificio más eficiente con las mejoras propuestas será el bloque en hilera (Ver graficas 5.2, 5.4 y 5.6).

5.3

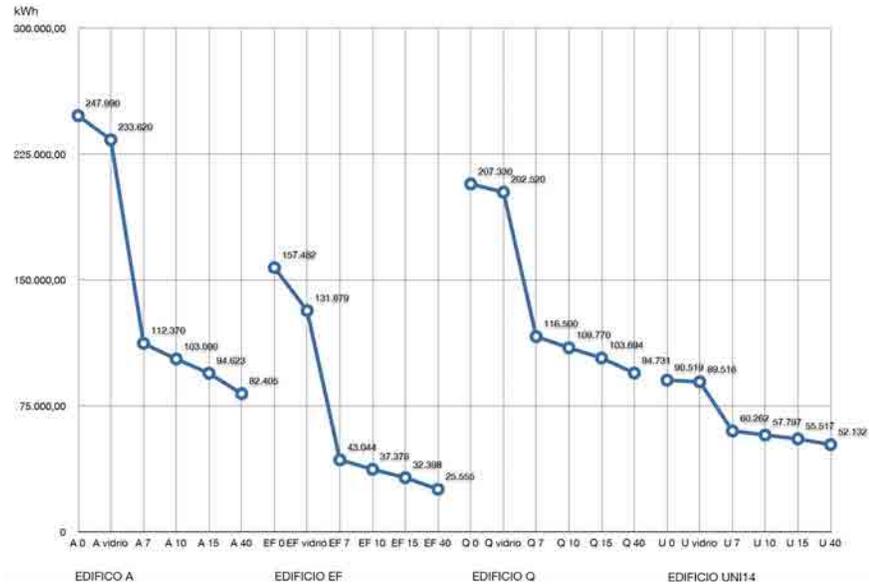
Cuantificación de los edificios A, EF, Q y UNI 14 en función del grado de aislamiento y tipología en Madrid.

Siguiendo el ejercicio de demostración y comprobación iniciado en el capítulo 4, se hará un análisis hipotético localizando los edificios tipo sobre condiciones climáticas diferentes; en primer lugar en la ciudad de Madrid y posteriormente en la ciudad de Girona.

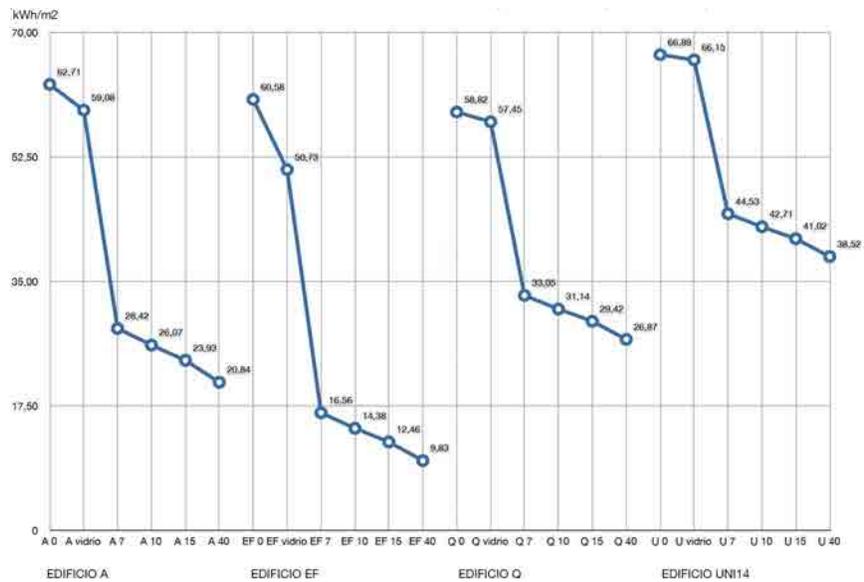
Los resultados para la ciudad de Madrid¹⁰- se parte de unos consumos más elevados, debido a la mayor severidad del clima- describen una reducción proporcional al expuesto en Barcelona con porcentajes de caída similares. Para un clima más frío como el de Madrid, se haría necesario aumentar los grosores de aislamiento para lograr resultados similares a los de Barcelona (Ver gráficas 5.7 a 5.12).

La graficas evidencian la caída del consumo en el edificio A de un 54%, pasando de consumir 247.990 kWh a 112.370 kWh, con un aislamiento de 7 cm. En el caso del uso de un recubrimiento de 40 cm, se pasaría a 82.405 kWh lo que representa un 66.7%, respecto del valor inicial. Con los mismos espesores de aislamiento el edificio que es más eficiente será el Bloque EF, seguido del Bloque A, el Q y finalmente el UNI14 (Ver gráfica 5.7 y 5.8).

¹⁰ Ver anexo 5.2 Resultados DesingBuilder del grado de aislamiento de los edificios A, EF, Q y UNI 14 de Montbau en Madrid año 2012.



Gráfica 5.7. Efecto del aislamiento en el consumo de energía de calefacción, según edificio para Madrid. kWh (Fuente: Elaboración del autor).

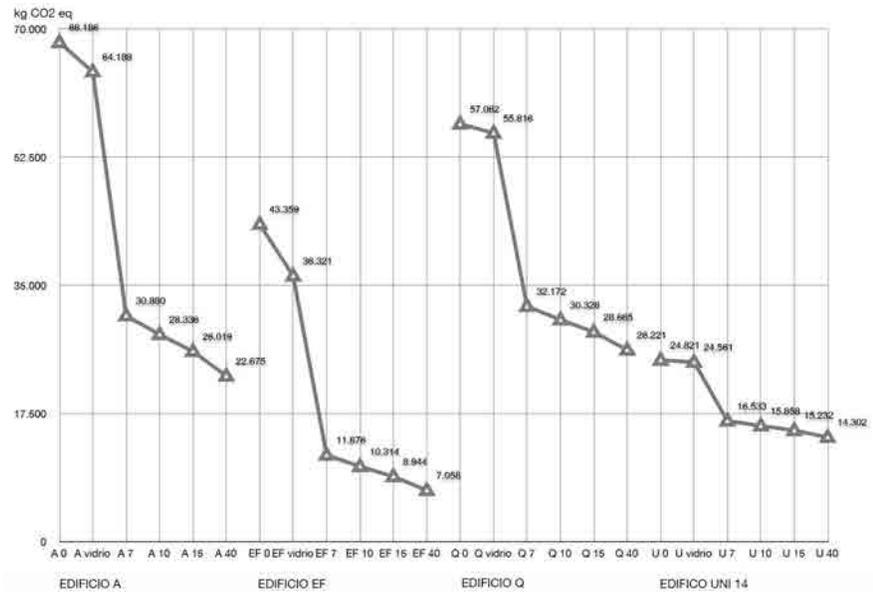


Gráfica 5.8. Efecto del aislamiento en el consumo de energía de calefacción por superficie, según edificio para Madrid. kWh/m2 (Fuente: Elaboración del autor).

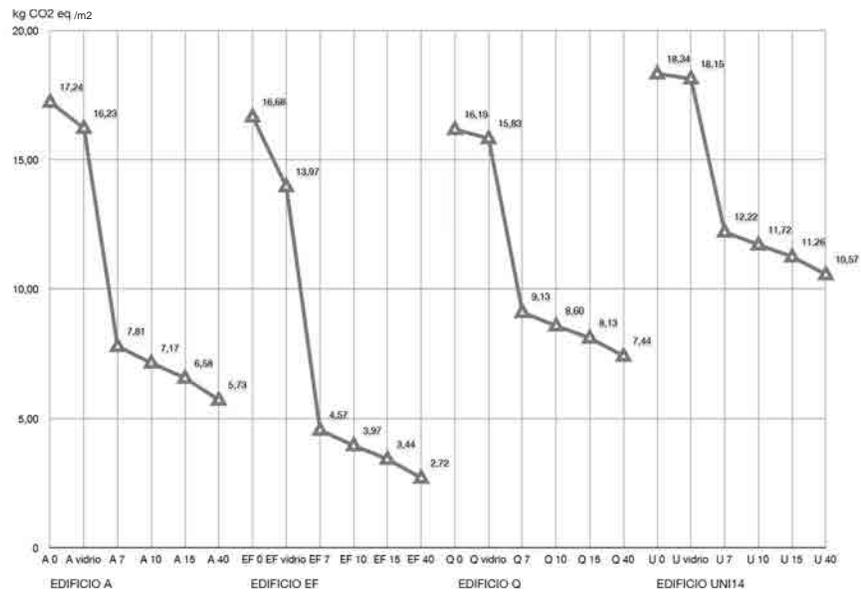
Las reducciones en las emisiones de CO2 son contundentes con un mínimo de mejora en la envolvente del edificio. (Ver gráfica 5.9). El edificio A pasa de unas emisiones de 68.186 Kg CO2 eq a 30.880 Kg CO2 eq – con un recubrimiento de 7cm- para un máximo de 22.675 Kg CO2 eq con un recubrimiento de 40 cm. El resto de edificios tendrán un comportamiento similar como se evidencia en las graficas y en el cuadro resumen¹¹.

11 Ver cuadro resumen 5.2 Propuesta de grado de aislamiento de los edificios A, EF, Q y UNI14 de Montbau en Madrid 2012, en Capítulo Documentos Complementarios.

El coste económico implica resultados similares (Ver gráfica 5.11 y 5.12). El coste de la factura energética se reducirá considerablemente en todos los edificios, en menor medida en los unifamiliares UNI14.



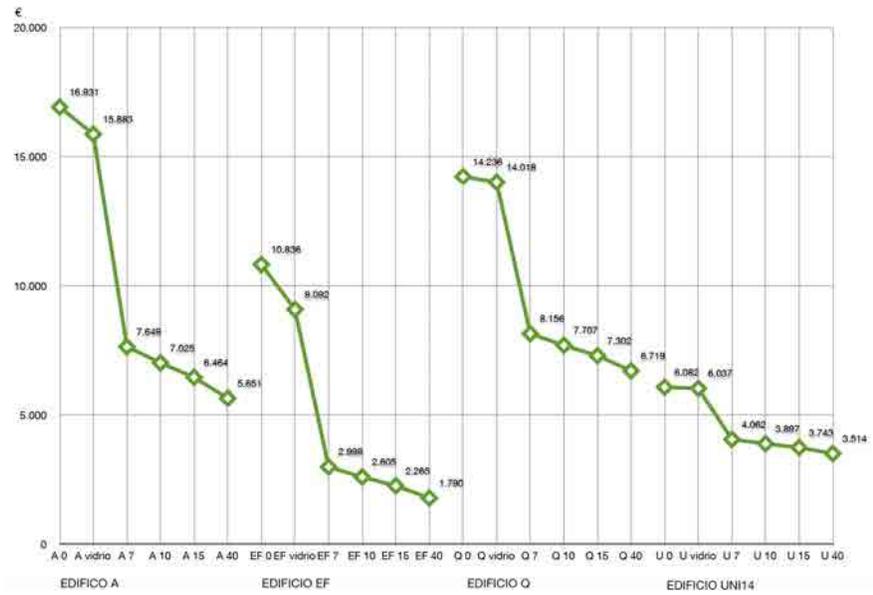
Gráfica 5.9. Efecto del aislamiento en las emisiones de CO2 eq de calefacción, según edificio para Madrid. Kg CO2 eq (Fuente: Elaboración del autor).



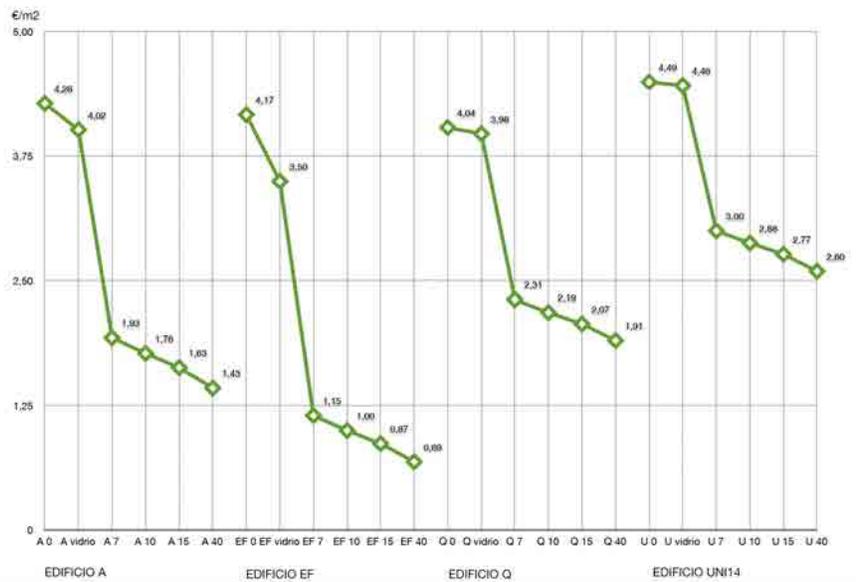
Gráfica 5.10. Efecto del aislamiento en las emisiones de CO2 eq de calefacción por superficie, según edificio para Madrid. Kg CO2eq/m2 (Fuente: Elaboración del autor).

En el caso del A, se pasa de un coste anual de 16.930 € a 7.648 € con 7 cm de aislamiento y un total de 5.650 € para 40 cm de aislamiento.

Los valores por metro cuadrado permiten hacer una comparación entre los diversos edificios tipo. Con un mismo grosor de aislamiento se obtienen resultados variados en función de la tipología de edificio. Si se quisiera obtener unos valores similares entre todos los edificios, se debería aumentar el grosor de manera considerable – principalmente en las viviendas unifamiliares UNI 14 y en la torre Q- (Ver gráficas 5.8, 5.10 y 5.12).



Gráfica 5.11. Efecto del aislamiento en el coste económico de calefacción, según edificio para Madrid. € (Fuente: Elaboración del autor).



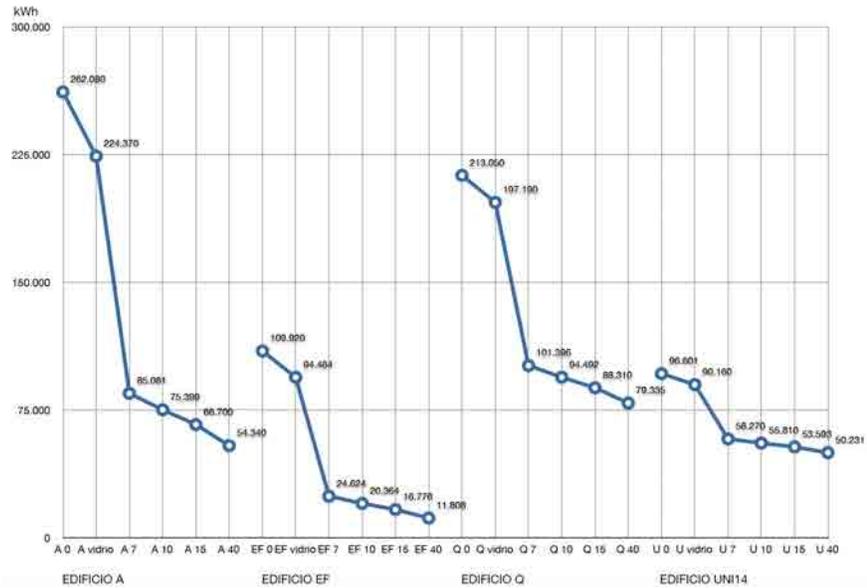
Gráfica 5.12. Efecto del aislamiento en el coste económico de calefacción por superficie, según edificio para Madrid. €/m2 (Fuente: Elaboración del autor).

5.4

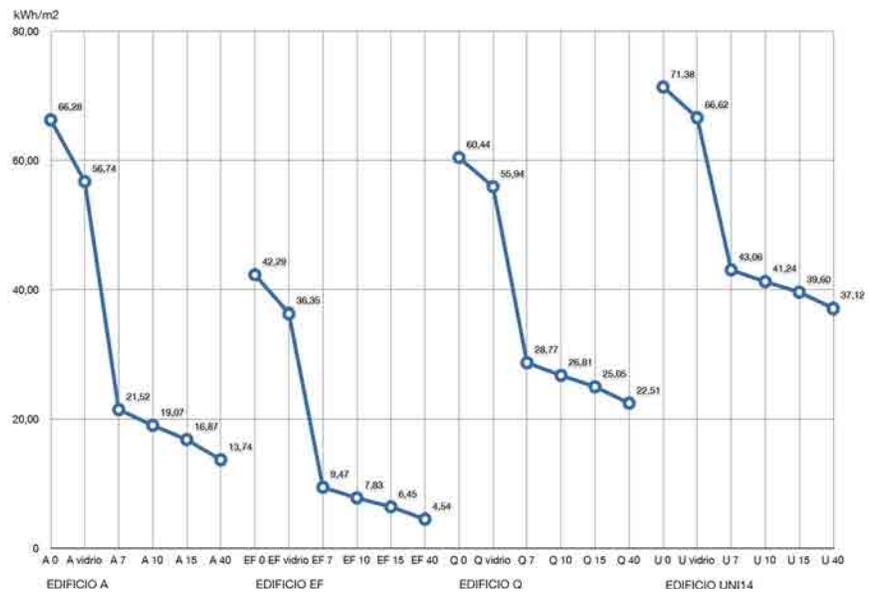
Cuantificación de los edificios A, EF, Q y UNI 14 en función del grado de aislamiento y tipología en Girona.

En la ciudad de Girona¹² los resultados serán paralelos a los dos casos anteriores; los consumos de energía, emisiones de CO2 eq y el coste económico, se reducen en las mismas proporciones (Ver graficas 5.13 a 5.18).

¹² Ver anexo 5.3 Resultados DesingBuilder del grado de aislamiento de los edificios A, EF, Q y UNI 14 de Montbau en Girona, año 2012.



Gráfica 5.13. Efecto del aislamiento en el consumo de energía de calefacción, según edificio para Girona. kWh (Fuente: Elaboración del autor).

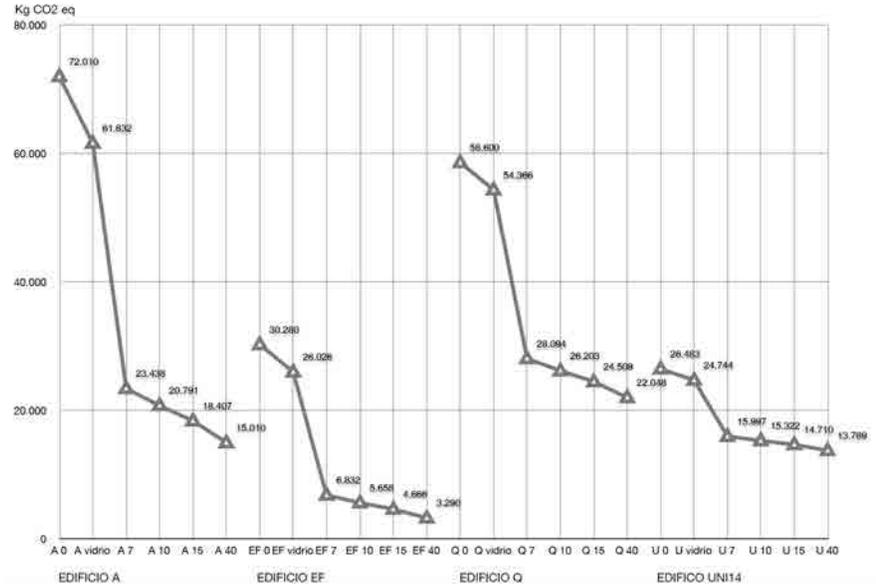


Gráfica 5.14. Efecto del aislamiento en el consumo de energía de calefacción por superficie, según edificio para Girona. kWh/m2 (Fuente: Elaboración del autor).

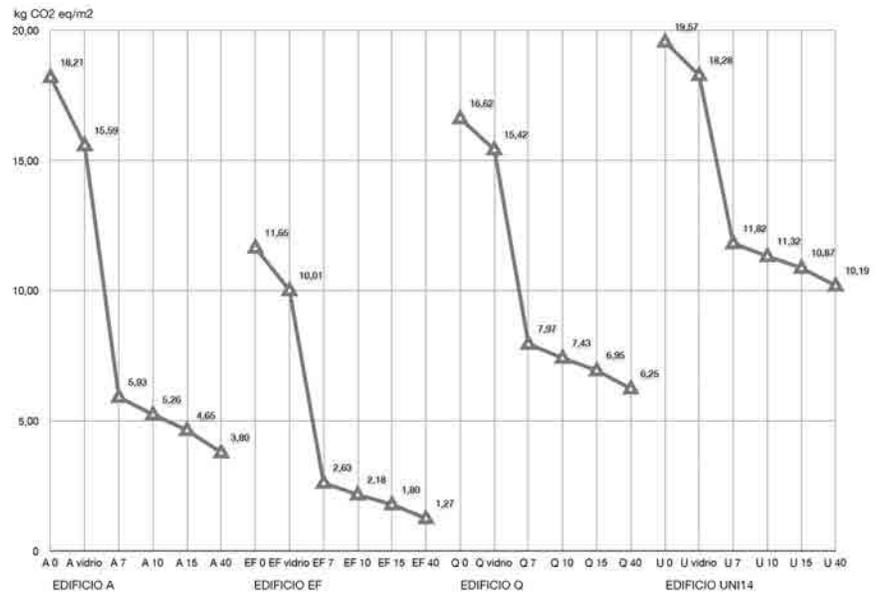
En el edificio A, con un aislamiento de 7 cm, se evidencia una caída del consumo de un 67% pasando de 262.080 kWh a 85.081 kWh.

En el caso del uso de un recubrimiento de 40 cm se pasaría a 54.340 kWh lo que representa un 79% respecto del valor inicial. Con los mismos espesores de aislamiento el edificio más eficiente será el Bloque EF, seguido del Bloque A, el Q y finalmente el UNI14 (Ver gráficas 5.13 y 5.14).

La medición en el caso de las emisiones de CO2 eq – en el caso de este mismo edificio- con la mejora en la envolvente (Ver gráfica 5.15), evidencia una reducción de 72.010 Kg CO2 eq a 23.438 Kg CO2 eq



Gráfica 5.15. Efecto del aislamiento en las emisiones de CO2 eq de calefacción, según edificio para Girona. Kg CO2 eq (Fuente: Elaboración del autor).



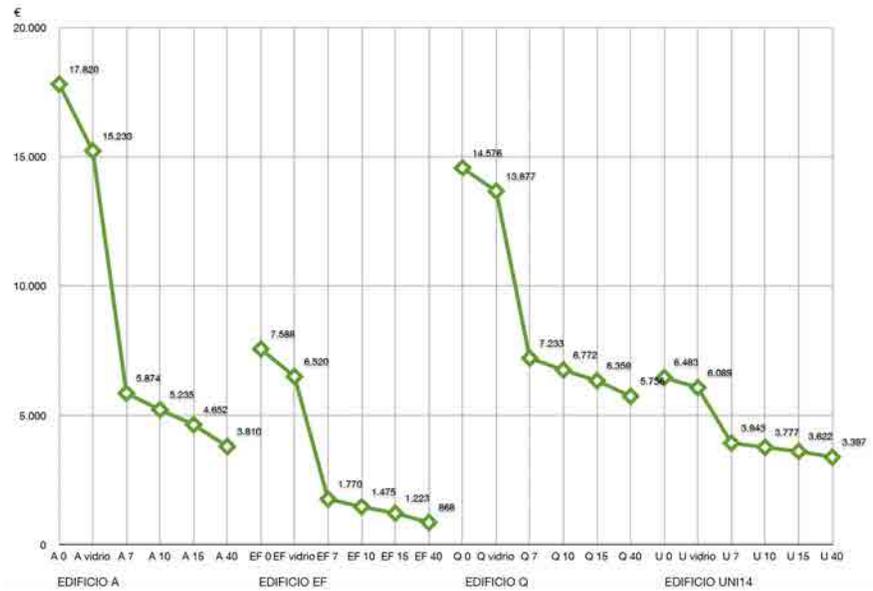
Gráfica 5.16. Efecto del aislamiento en las emisiones de CO2 eq de calefacción por superficie, según edificio para Girona. Kg CO2 eq/m2 (Fuente: Elaboración del autor).

13 Ver cuadro resumen 5.3 Propuesta de grado de aislamiento de los edificios A, EF, Q y UNI14 de Montbau en Girona 2012, en Capítulo Documentos Complementarios.

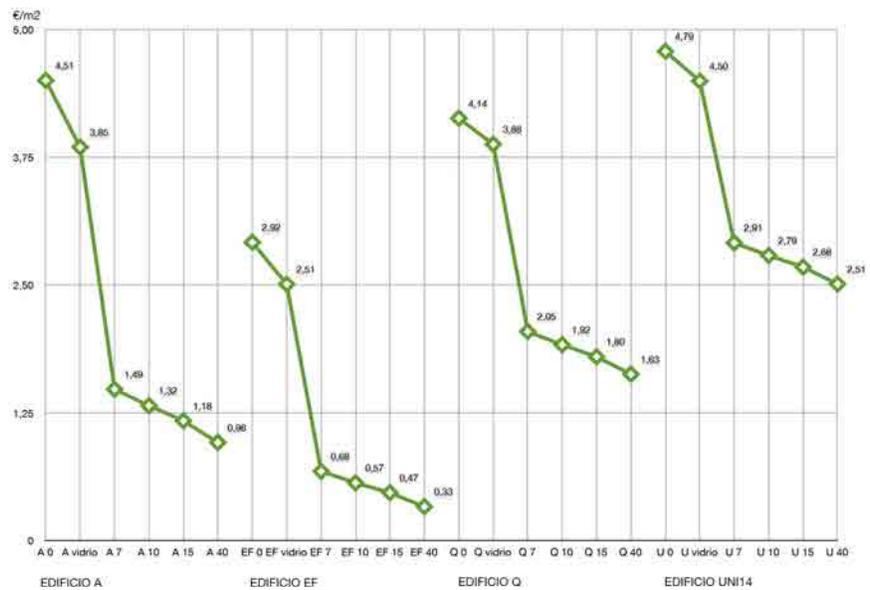
–con un recubrimiento de 7cm- hasta un máximo de 15.010 Kg CO2 eq con un recubrimiento de 40 cm. El resto de edificios EF, Q y UNI14, tendrán un comportamiento similar, como se evidencia en las gráficas y en el cuadro resumen.¹³

El coste económico implica resultados similares (Ver gráfica 5.17 y 5.18). El coste de la factura energética se reduciría considerablemente en todos los edificios, en menor medida, en los unifamiliares UNI14. En el caso del Bloque A con la utilización de un recubrimiento de 7 cm, se pasaría de un coste anual de 17.820 € a 5.873 € y en el caso de la utilización de 40 cm de aislamiento evidencia un total de 3.809 €.

Gráfica 5.17. Efecto del aislamiento en el coste económico de calefacción, según edificio para Girona. € (Fuente: Elaboración del autor).



Gráfica 5.18. Efecto del aislamiento en el coste económico de calefacción por superficie, según edificio para Girona. €/m2 (Fuente: Elaboración del autor).



Los resultados obtenidos en los dos casos hipotéticos comparados con la situación actual de los edificios, permite concluir que los decrementos son proporcionales en todos los casos. Con valores más elevados en Madrid y Girona, por las condiciones climáticas más severas, pero en todos se mejoran sus prestaciones y el confort de sus ocupantes.

5.5

Evaluación de las mejoras en el conjunto del barrio de Montbau en Barcelona

Construir edificios eficientes es básico para la reducción de los consumos de energía y el control de las emisiones de CO2 eq que afectan cada vez más a nuestro entorno, todo ello sumado al coste económico que representa para el país. Pero intervenir la piel de un edificio existente es más que necesario, debido como se ha comentado en capítulos anteriores, al gran parque edificatorio y sus condiciones actuales.

Montbau tiene una forma urbana definida y consolidada, su implantación fue el resultado de una serie de decisiones políticas, sociales, económicas y arquitectónicas. Rehabilitar sus edificios permitiría consolidar el barrio, rescatar sus valores, recuperar en entorno y la relación con el resto de la ciudad¹⁴. Rehabilitar un barrio puede tener diversidad de connotaciones, la eficiencia energética no es un objetivo en sí, sino una parte de la búsqueda de un desarrollo sostenible que reconozca las implicaciones a nivel local, regional y global¹⁵.

Esta investigación desarrolla, el impacto de mejoras de las envolventes de los edificios a nivel de conjunto y a nivel de barrio. Con esta evaluación global, se corrobora que no es necesario derruir ni ocupar más territorio para contribuir a la evolución urbana de las ciudades y su equilibrio con el entorno¹⁶.

14 Fitzgerald, E et alt. (1999).

15 Fitzgerald, E et alt. (1999).

16 Cuchí, A. (2010).

GROSOR EDIFICIO	7 cm	Tipología de edificio	Número de viviendas	Superficie construida	Superficie útil	Energía de calefacción kWh/m2	Total energía de calefacción kWh	Emisiones Kg CO2 eq/m2	Total emisiones de Kg CO2 eq	Coste energía de calefacción €/m2	Total Coste energía de calefacción €
BLOQUE A		Duplex	32	3.954	3.595	21,16	83.667	5,82	23.012	1,45	5.733
BLOQUE B		Lineal	50	4.350	3.955	9,75	42.413	2,70	11.745	0,70	3.045
BLOQUES C - D		Lineal	56	5.220	4.745	9,75	50.895	2,70	14.094	0,70	3.654
BLOQUES E - F		Lineal	140	8.960	8.145	9,75	87.360	2,70	24.192	0,70	6.272
BLOQUES G		Lineal	140	9.733	8.848	9,75	94.897	2,70	26.279	0,70	6.813
BLOQUE H		Lineal	150	10.552	9.593	9,75	102.882	2,70	28.490	0,70	7.386
BLOQUES I		Lineal	142	8.958	8.144	9,75	87.341	2,70	24.187	0,70	6.271
BLOQUES J		Lineal	40	3.398	3.089	9,75	33.131	2,70	9.175	0,70	2.379
BLOQUES K		Lineal	51	4.036	3.669	9,75	39.351	2,70	10.897	0,70	2.825
BLOQUES L		Lineal	30	1.798	1.635	9,75	17.531	2,70	4.855	0,70	1.259
BLOQUES N		Duplex	120	13.504	12.276	21,16	285.745	5,82	78.593	1,45	19.581
UNIFAMILIAR 14		Unifamiliar	14	1.353	1.230	32,73	44.284	8,98	12.150	2,21	2.990
UNIFAMILIAR 52		Unifamiliar	52	7.366	6.696	32,73	241.089	8,98	66.147	2,21	16.279
BLOQUES P		Lineal	387	33.361	30.328	9,75	325.270	2,70	90.075	0,70	23.353
BLOQUES Q		Torre	504	39.150	35.591	21,10	826.065	5,84	228.636	1,50	58.725
BLOQUES R		Lineal	51	4.713	4.285	9,75	45.952	2,70	12.725	0,70	3.299
TOTAL			1.959	160.406	145.824		2.407.869		665.251		169.863

Cuadro 5.1. Resumen del consumo de energía, emisiones de CO2 eq y coste económico del Barrio de Montbau en Barcelona, rehabilitando los edificios con un vidrio doble y un grosor de aislamiento estándar de 7 cm, 2012 (Fuente: Elaboración del autor).

Se ha comprobado en los edificios individuales que actuar sobre la envolvente de estos genera grandes beneficios reduciendo el consumo, las emisiones de gases de efecto invernadero y el coste que representa.

A partir de los datos individuales de los edificios tipo –A dúplex, EF lineal, Q torre y UNI14 unifamiliar- se han extrapolado los resultados a los diversos edificios del barrio de Montbau, obteniendo una valoración de conjunto para cada grosor de aislamiento. Se está haciendo el análisis del Barrio de Montbau sobre los valores del año de 2012 (Ver Cuadro 5.1 a 5.4).

GROSOR EDIFICIO	10 cm	Tipología de edificio	Número de viviendas	Superficie construida	Superficie útil	Energía de calefacción kWh/m2	Total energía de calefacción kWh	Emisiones Kg CO2 eq/m2	Total emisiones de Kg CO2 eq	Coste energía de calefacción €/m2	Total Coste energía de calefacción €
BLOQUE A		Dúplex	32	3.954	3.595	19,69	77.854	5,42	21.431	1,35	5.338
BLOQUE B		Lineal	50	4.350	3.955	7,84	34.104	2,18	9.483	0,57	2.480
BLOQUES C - D		Lineal	56	5.220	4.745	7,84	40.925	2,18	11.380	0,57	2.975
BLOQUES E - F		Lineal	140	8.960	8.145	7,84	70.246	2,18	19.533	0,57	5.107
BLOQUES G		Lineal	140	9.733	8.848	7,84	76.307	2,18	21.218	0,57	5.548
BLOQUE H		Lineal	150	10.552	9.593	7,84	82.728	2,18	23.003	0,57	6.015
BLOQUES I		Lineal	142	8.958	8.144	7,84	70.231	2,18	19.528	0,57	5.106
BLOQUES J		Lineal	40	3.398	3.089	7,84	26.640	2,18	7.408	0,57	1.937
BLOQUES K		Lineal	51	4.036	3.669	7,84	31.642	2,18	8.798	0,57	2.301
BLOQUES L		Lineal	30	1.798	1.635	7,84	14.096	2,18	3.920	0,57	1.025
BLOQUES N		Dúplex	120	13.504	12.276	19,69	265.894	5,42	73.192	1,35	18.230
UNIFAMILIAR 14		Unifamiliar	14	1.353	1.230	31,40	42.484	8,62	11.663	2,13	2.882
UNIFAMILIAR 52		Unifamiliar	52	7.366	6.696	31,40	231.292	8,62	63.495	2,13	15.690
BLOQUES P		Lineal	387	33.361	30.328	7,84	261.550	2,18	72.727	0,57	19.016
BLOQUES Q		Torre	504	39.150	35.591	19,72	772.038	5,46	213.759	1,41	55.202
BLOQUES R		Lineal	51	4.713	4.285	7,84	36.950	2,18	10.274	0,57	2.686
TOTAL			1.959	160.406	145.824		2.134.982		590.811		151.536

Cuadro 5.2. Resumen del consumo de energía, emisiones de CO2 eq y coste económico del Barrio de Montbau en Barcelona, rehabilitando los edificios con un vidrio doble y un grosor de aislamiento estándar de 10 cm, 2012 (Fuente: Elaboración del autor).

GROSOR EDIFICIO	15 cm	Tipología de edificio	Número de viviendas	Superficie construida	Superficie útil	Energía de calefacción kWh/m2	Total energía de calefacción kWh	Emisiones Kg CO2 eq/m2	Total emisiones de Kg CO2 eq	Coste energía de calefacción €/m2	Total Coste energía de calefacción €
BLOQUE A		Dúplex	32	3.954	3.595	18,36	72.595	5,06	20.007	1,27	5.022
BLOQUE B		Lineal	50	4.350	3.955	6,46	28.101	1,80	7.830	0,47	2.045
BLOQUES C - D		Lineal	56	5.220	4.745	6,46	33.721	1,80	9.396	0,47	2.453
BLOQUES E - F		Lineal	140	8.960	8.145	6,46	57.882	1,80	16.128	0,47	4.211
BLOQUES G		Lineal	140	9.733	8.848	6,46	62.875	1,80	17.519	0,47	4.575
BLOQUE H		Lineal	150	10.552	9.593	6,46	68.166	1,80	18.994	0,47	4.959
BLOQUES I		Lineal	142	8.958	8.144	6,46	57.869	1,80	16.124	0,47	4.210
BLOQUES J		Lineal	40	3.398	3.089	6,46	21.951	1,80	6.116	0,47	1.597
BLOQUES K		Lineal	51	4.036	3.669	6,46	26.073	1,80	7.265	0,47	1.897
BLOQUES L		Lineal	30	1.798	1.635	6,46	11.615	1,80	3.236	0,47	845
BLOQUES N		Dúplex	120	13.504	12.276	18,36	247.933	5,06	68.330	1,27	17.150
UNIFAMILIAR 14		Unifamiliar	14	1.353	1.230	30,16	40.806	8,28	11.203	2,04	2.760
UNIFAMILIAR 52		Unifamiliar	52	7.366	6.696	30,16	222.159	8,28	60.990	2,04	15.027
BLOQUES P		Lineal	387	33.361	30.328	6,46	215.512	1,80	60.050	0,47	15.680
BLOQUES Q		Torre	504	39.150	35.591	18,46	722.709	5,12	200.448	1,33	52.070
BLOQUES R		Lineal	51	4.713	4.285	6,46	30.446	1,80	8.483	0,47	2.215
TOTAL			1.959	160.406	145.824		1.920.413		532.121		136.715

Cuadro 5.3. Resumen del consumo de energía, emisiones de CO2 eq y coste económico del Barrio de Montbau en Barcelona, rehabilitando los edificios con un vidrio doble y un grosor de aislamiento estándar de 15 cm, 2012 (Fuente: Elaboración del autor).

El cuadro 5.5 de resumen de los cuadros 5.1 a 5.3 evidencian que la actuación sobre la envolvente produce unos beneficios inmediatos, tanto en el consumo de energía, como en la reducción de gases de efecto invernadero, en función del grosor definido podemos conseguir reducciones en el consumo de energía, emisiones y coste entre el 64 y el 77% según los casos (ver Cuadro 5.5 Resumen y % de reducción del consumo de energía, emisiones de CO2 eq y coste económico del Barrio de Montbau en Barcelona). Actualmente se propone el objetivo de reducir en un 30% las emisiones de gases de efecto invernadero en la unión Europea para el año 2020¹⁷. Estos objetivos se pueden alcanzar actuando sobre las envolventes de los edificios y actuando de una manera global sobre los diversos barrios de nuestras ciudades.

17 Cuchí, A. (2010).

Actuar sobre la envolvente, con las mejoras propuestas, mejorará la calidad de vida de sus habitantes, la imagen de los edificios degradada por el paso del tiempo o su poco mantenimiento y la relación del conjunto con el entorno. Estas transformaciones con los diversos grados de actuación existentes, revitalizan y consolidan los barrios y las ciudades en donde se asientan.

GROSOR EDIFICIO	40 cm	Tipología de edificio	Número de viviendas	Superficie construida	Superficie útil	Energía de calefacción kWh/m2	Total energía de calefacción kWh	Emisiones Kg CO2 eq/m2	Total emisiones de Kg CO2 eq	Coste energía de calefacción €/m2	Total Coste energía de calefacción €
BLOQUE A		Duplex	32	3.954	3.595	16,45	65.043	4,53	17.912	1,14	4.508
BLOQUE B		Lineal	50	4.350	3.955	4,54	19.749	1,27	5.525	0,33	1.436
BLOQUES C - D		Lineal	56	5.220	4.745	4,54	23.699	1,27	6.629	0,33	1.723
BLOQUES E - F		Lineal	140	8.960	8.145	4,54	40.678	1,27	11.379	0,33	2.957
BLOQUES G		Lineal	140	9.733	8.848	4,54	44.188	1,27	12.361	0,33	3.212
BLOQUE H		Lineal	150	10.552	9.593	4,54	47.906	1,27	13.401	0,33	3.482
BLOQUES I		Lineal	142	8.958	8.144	4,54	40.669	1,27	11.377	0,33	2.956
BLOQUES J		Lineal	40	3.398	3.089	4,54	15.427	1,27	4.315	0,33	1.121
BLOQUES K		Lineal	51	4.036	3.669	4,54	18.323	1,27	5.126	0,33	1.332
BLOQUES L		Lineal	30	1.798	1.635	4,54	8.163	1,27	2.283	0,33	593
BLOQUES N		Duplex	120	13.504	12.276	16,45	222.141	4,53	61.173	1,14	15.395
UNIFAMILIAR 14		Unifamiliar	14	1.353	1.230	28,31	38.303	7,77	10.513	1,92	2.598
UNIFAMILIAR 52		Unifamiliar	52	7.366	6.696	28,31	208.531	7,77	57.234	1,92	14.143
BLOQUES P		Lineal	387	33.361	30.328	4,54	151.459	1,27	42.368	0,33	11.009
BLOQUES Q		Torre	504	39.150	35.591	16,63	651.065	4,62	180.873	1,21	47.372
BLOQUES R		Lineal	51	4.713	4.285	4,54	21.397	1,27	5.986	0,33	1.555
TOTAL			1.959	160.406	145.824		1.616.742		448.455		115.390

Cuadro 5.4. Resumen del consumo de energía, emisiones de CO2 eq y coste económico del Barrio de Montbau en Barcelona, rehabilitando los edificios con un vidrio doble y un grosor de aislamiento estándar de 40 cm 2012 (Fuente: Elaboración del autor).

CONJUNTO DEL BARRIO DE MONTBAU	Número de viviendas	Superficie construida	Superficie útil	Total energía de calefacción kWh	% reducción energía de calefacción estado actual	Total emisiones de Kg CO2 eq	% reducción emisiones CO2 de calefacción estado actual	Total Coste energía de calefacción €	% reducción coste energía de calefacción estado actual
RESULTADOS ESTADO ACTUAL	1.959	160.286	145.715	6.913.507		1.903.629		475.901	
RESULTADOS 7 CM GROSOR	1.959	160.286	145.715	2.407.869	65	665.251	65	169.863	64
RESULTADOS 10 CM GROSOR	1.959	160.286	145.715	2.134.982	69	590.811	69	151.536	68
RESULTADOS 15 CM GROSOR	1.959	160.286	145.715	1.920.413	72	532.121	72	136.715	71
RESULTADOS 40 CM GROSOR	1.959	160.286	145.715	1.612.742	77	448.455	76	115.390	76

Cuadro 5.5. Resumen y % de reducción del consumo de energía, emisiones de CO2 eq y coste económico del Barrio de Montbau en Barcelona, en función de los diversos grosores de aislamiento (Fuente: Elaboración del autor).



6

Mejoras constructivas y cuantificación

6.1

Introducción

1 DB HE: Ahorro de energía, (2013).

El paso del tiempo afecta a los edificios. La mayoría de estos en la actualidad, no cumplen con los requisitos mínimos de confort, ni con las normativas vigentes¹. Los materiales con los que fueron construidos años atrás, presentan deficiencias que impiden que se cumplan los requisitos básicos en cuanto a condiciones de habitabilidad y confort. Se hace necesario entonces, actualizar las construcciones para lograr extender su vida útil y ofrecer las condiciones necesarias para su habitabilidad de acuerdo con un equilibrio medioambiental.

2 Olgyay, V. (1998).

La piel de los edificios debe garantizar la protección de sus usuarios frente a las condiciones climáticas, el ruido y la contaminación, entre otros. Los impactos externos traspasan la envolvente del edificio y afectan el interior incidiendo en la habitabilidad y condiciones deseables. El medio exterior incide con el paso del tiempo en la envolvente, desmejorando las condiciones y ofreciendo un menor grado de confort. Es necesario actualizar ésta piel para dotar al edificio de las condiciones de habitabilidad que se requieren².

3 Cuchi A, et al (2010).

Los edificios de viviendas se actualizan muy lentamente y la mayoría de las veces no se hace el mantenimiento mínimo necesario para su conservación. La división de la mayoría de edificios en “propiedad horizontal”, unida a una deficiente gestión de las comunidades de propietarios, hace difícil esta renovación. El cambio económico actual –freno a la nueva construcción y crisis económica y ambiental- requiere de la actuación sobre los edificios existentes para desarrollar una nueva manera de construir y dotar a las viviendas de las condiciones de confort que requieren los usuarios³.

Cualquier actuación de rehabilitación sobre un edificio existente, supone adicionar una serie de materiales sobre una envolvente existente. Por lo tanto, supone un consumo de energía, emisiones de CO₂ eq y un coste económico en el momento de su construcción. Los nuevos materiales que se adicionarán permitirán prolongar la vida útil del edificio.

El objetivo de este capítulo será definir la demanda de materiales en función de unas soluciones constructivas establecidas y a partir de esta demanda de materiales, establecer el coste energético, emisiones de CO₂ eq y el coste económico de actuar sobre esta envolvente.

Para hacer este estudio y definir la demanda, se utilizó el programa TCQ-2000 del ITEC –Institut de Tecnologia i Edificació de Catalunya– un software de construcción, formado por un conjunto de aplicaciones informáticas para dar soporte a las actividades de redacción, contratación, planificación y control de proyectos. Con el programa, se podrá definir el coste económico de un edificio, el coste energético de su construcción y las emisiones de CO₂ eq que genera. En este estudio se establecerán dos tipos de soluciones constructivas, tanto para fachada como para cubierta, que se adaptan a los edificios analizados – A, EF, Q y UNI14– con los diversos grosores de aislamiento propuestos con materiales con conductividad similar entre ellos. Así mismo, se determinan dos tipos de carpintería, -aluminio y madera-, que complementarían la regeneración de la epidermis del edificio. Este estudio no pretende ser un proyecto ejecutivo de construcción, se aspira establecer unos parámetros que permitan analizar cómo se comporta el edificio interviniendo su piel, los costes energéticos, las emisiones de gases de efecto invernadero y el coste económico, en función de unas soluciones estandarizadas con unos grosores de aislamiento establecidos⁴. (Ver figura 6.1)

4 Institut de Tecnologia i Edificació de Catalunya –ITEC–. (2012).

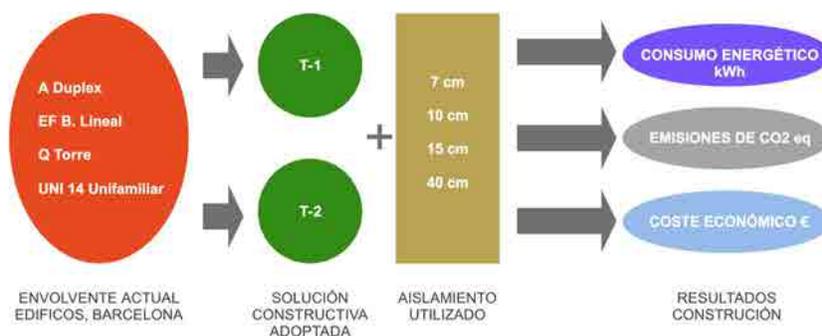


Figura 6.1 Esquema de análisis de adaptación de las soluciones tipo (Fuente: Elaboración del autor).

6.2

Los materiales de aislamiento

La cantidad de energía necesaria para mantener confortable una vivienda, depende del grado de aislamiento. Una vivienda sin aislamiento necesitará más energía para conseguir el confort deseado y se enfriará con más o menos rapidez cuando se apaguen las fuentes de calefacción⁵. Con el aislamiento aumentará el confort interior, se reducirán las emisiones de CO₂ eq por el uso y el consumo energético.

Las normativas han definido un aislamiento térmico mínimo obligatorio en función de donde se construye el edificio. Este aislamiento mínimo ha variado con el paso del tiempo y se ha actualizado aumentando su grosor⁶.

5 Rovira, JI y Cadado, I. (1999).

6 DB HE: Ahorro de energía, (2013).

Una vez se alcanza la temperatura de confort en el espacio habitable, se producen pérdidas o ganancias de calor a través de la envolvente del edificio. Controlar estos flujos de energía mediante la envolvente, reducirá las necesidades de calefacción del edificio ya que los sistemas de esta, están definidos sobre un sumatorio de las pérdidas por conducción de la envolvente. La construcción de los cerramientos de manera independiente de la estructura, permitirá la especialización de diversas capas de ésta y su reducción en tamaño en función de los materiales seleccionados. Para reducir este flujo de energía es necesario aislar el edificio del exterior mediante una solución constructiva y una envolvente aislante⁷.

7 Araujo, R. (febrero 2009).

Existen diversos materiales que permiten un aislamiento, cada uno con sus características y sus cualidades, tanto técnicas, como constructivas. Es necesario evaluar en cada caso el material a seleccionar y la propuesta constructiva que se utilizará.

Un criterio de clasificación de estos materiales, podrá establecerse a partir de la complejidad en el procesamiento de fabricación de dicho material así como de la energía consumida en dicho proceso: corcho, celulosa, lana de madera (GUTEX), lanas minerales, vidrio celular, poliestireno expandido (EPS), poliestireno extruido (XPS) sin HCFC, Poliestireno extruido (XPS) y Poliuretano (PUR). Los aislamientos térmicos naturales como el corcho o la celulosa, lana de madera, las lanas minerales y el vidrio celular son preferibles a los que provienen de materiales sintéticos derivados del petróleo. Con los segundos podemos establecer tres categorías según el elemento espumador: los que utilizan aire como el poliestireno expandido (EPS), los que utilizan CO₂, como algunos tipos de poliestireno extruido y los que utilizan HCFC, como la mayoría de poliestirenos extruidos (XPS) y poliuretanos (PUR)⁸.

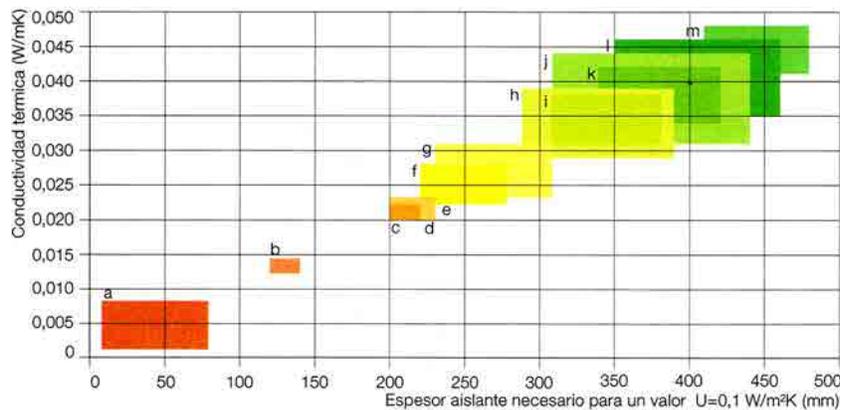
8 Rovira, JI y Cadado, I. (1999).

Es necesario estudiar detenidamente la utilización de cada material ya que el corcho y la celulosa pierden sus propiedades o se degradan en presencia de humedad. Las lanas también pueden perder parte de sus propiedades si se mojan. El grosor variará en función del tipo de material seleccionado y las necesidades de confort. Cada elemento deberá seleccionarse en función de su grosor necesario y su montaje en la obra. Es importante seleccionar técnicas constructivas que permitan recuperar los materiales y reutilizarlos. Los sistemas de encaje de piezas o fijaciones mecánicas son preferibles a los adhesivos o los sistemas de proyectado del material, que quedan adheridos al muro que los sustenta⁹.

9 Rovira, JI y Cadado, I. (1999).

La necesidad de controlar el grosor de esta envolvente ha propiciado la aparición de nuevos materiales como el aislamiento al vacío, que permiten conductividades similares pero con espesores mucho menores. (Ver figura 6.2.)

Figura 6.2. Conductividad térmica de materiales aislantes, espesores para conseguir una $U=0,1 \text{ W/m}^2\text{K}$. a. Aislante al vacío. b. Mantas de aerogel. c. Espuma laminada de poliisocianatos. d. Espuma fenólica laminada. e. Espuma de poliisocianato PIR. f. Espuma fenólica PF. g. Espuma de poliuretano PUR. h. Poliestireno extruido XPS. i. Poliestireno expandido EPS. j. Lana de roca. k. Fibra de vidrio. l. Fibra de celulosa. m. Lana de oveja. ABLEY Ian, Detail Green, número 07/2011 (2011), p. 741-744. Aislamiento al vacío o ecoespesor: a tu elección. Bilbao. ISSN 1578-5769.



El aumento de las necesidades de aislamiento en climas fríos y templados lleva al aumento del grosor del aislamiento, contribuyendo al aumento de la superficie construida o al decremento de la superficie útil. Estos materiales, como el aislante al vacío o las mantas de aerogel, están en pleno periodo de desarrollo y de introducción en los mercados de la construcción. El objetivo de los aislamientos al vacío es disminuir la conductividad térmica por debajo de los $0,010 \text{ W/mK}$, son materiales microporosos de los que se ha eliminado el aire de su interior. Para su fabricación, se utiliza humo de sílice o fibra de vidrio finamente troceada, introducido en una capsula metálica, a la cual luego se le sustrae el aire. La dificultad de estos nuevos materiales es su puesta en obra, pues se deben fabricar a medida y deben tener una puesta en obra cuidadosa para no romper el envoltorio que los contiene. Por su parte las lanas de roca o poliestirenos, son moldeables y fáciles de adaptar.

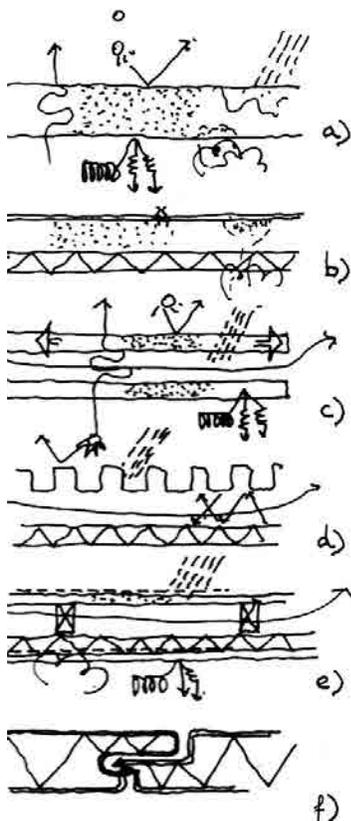
Las investigaciones sobre estos materiales han sufrido un freno en su implantación en la obra por la crisis económica general y de la construcción en particular. Esta ralentización no durará mucho. Cada vez los requisitos normativos son más estrictos y es necesario reducir la dependencia de los combustibles fósiles y reducir la emisión de gases de efecto invernadero¹⁰.

¹⁰ Abley I, (2011).

La mayoría de materiales de construcción tienen una vida larga, muchos de edificios de nuestras ciudades superan con facilidad los 70 o más años. Lo mismo sucede con los materiales de aislamiento estos suelen tener vidas que superan con facilidad los 50 años sin perder

11 Materiales aislantes y sus ciclos de vida. En: <http://www.isover.es/ISOVER-y-la-Sostenibilidad/Materiales-aislantes-y-sus-ciclos-de-vida>.

6.3



12 Fitzgerald, E et al (1999).

13 Araujo, R. (2007).

14 Araujo, R. (2007).

15 Araujo, R. (2007).

Figura 6.3. Técnicas de Cerramiento. a. Acumulación e impermeabilización por masa y espeso; b. Hoja masiva con aislamiento e impermeabilización; c. Cámara de aire, especialización de las hojas y creación de corrientes de convección; d. Paneles ligeros con armazón; e. Panel ligero con cámara de aire y ventilación de la cámara; f. Paneles compactos. ARAUJO, Ramón, (2007). *La arquitectura como técnica*. Madrid; A.T.C. Ediciones S.L. ISBN: 978-84-920517-0-0.

las propiedades con los que fueron fabricados. Ciertos materiales naturales como celulosas o corcho pueden perder sus propiedades y deteriorarse con rapidez si no están colocados en los edificios con las debidas precauciones. El resto de materiales como lanas minerales, vidrio celular, poliestireno expandido (EPS), poliestireno extruido (XPS) sin HCFC, Poliestireno extruido (XPS) y Poliuretano (PUR) disponen de una vida de fabricación superior a los 50 años y si se recuperan convenientemente se pueden reciclar y incorporar nuevamente a la construcción. Actualmente muchos fabricantes están introduciendo análisis de ciclos de vida de sus productos definiendo el tiempo estimado de vida de estos¹¹.

Sistemas de cerramiento

La envolvente de un edificio debe ser estanca al aire, al agua de lluvia, permitir la entrada de luz y aire, conservar el calor y proporcionar seguridad, intimidad y prestancia. Pretendemos que esta piel modere los efectos del clima y permita el deseado confort interior¹².

Los cerramientos de los edificios se han desprendido de su función estructural. Hoy en día es un elemento independiente que se superpone a una estructura portante a la que transmite su peso propio y las cargas que actúan en ella. Este carácter no portante hace que esta envolvente se especialice y reduzca sus dimensiones por la incorporación de una sucesión de capas cada vez más especializadas¹³.

Podemos distinguir tres tipos de cerramientos principales: cerramientos masivos, cerramientos ligeros y paneles. (Ver figura 6.3) en la que "a, b y c" son cerramientos masivos, "d y e" cerramientos ligeros y finalmente "f" paneles compactos¹⁴.

Los cerramientos masivos suelen ser, principalmente, de un único material y continuo –antiguamente tierra o piedras y actualmente ladrillo, bloques de hormigón-. Suelen disponer de cierto aislamiento en función de su grosor, capacidad de acumulación de energía y su condición homogénea evita el problema de las condensaciones¹⁵.

Los cerramientos ligeros empiezan a tener componentes más especializados que provienen de las construcciones ligeras de

16 Araujo, R. (2007).

17 Araujo, R. (2007).



Foto 6.1. Bloque A, tipo constructivo a y c (Fuente: Elaboración del autor).



Foto 6.2. Bloque EF, tipo constructivo a y c (Fuente: Elaboración del autor).



Foto 6.3. Bloque Q, tipo constructivo c (Fuente: Elaboración del autor).

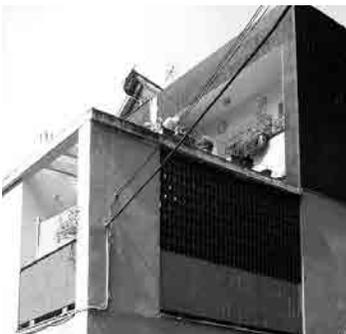


Foto 6.4. Bloque UNI14, tipo constructivo a (Fuente: Elaboración del autor).

madera y que la industrialización las ha hecho evolucionar. Incorporan un material aislante en su interior y una barrera interna contra el vapor. Son soluciones constructivas con poca masa que pueden llevar a problemas acústicos¹⁶.

El panel es un cerramiento en el que todos sus componentes se organizan en un único elemento prefabricado y su montaje se reduce a su colocación sobre un soporte determinado. Son soluciones complejas en las que las juntas de unión entre paneles y estructura tienen una gran complejidad¹⁷.

La mayoría de edificios de Montbau están contruidos con cerramientos de tipo masivo, principalmente “a” y “c”, (Ver detalles constructivos capítulo 3, plano 3.16 a 3.19) con hojas masivas y homogéneas. Algunas soluciones incorporan cámaras de aire estancas.

Las actuaciones de rehabilitación pueden realizarse tanto desde el interior como desde el exterior de los edificios. Las actuaciones al interior conllevan entrar a las viviendas y desplazar a los usuarios, bien dentro del mismo interior o hacia viviendas transitorias, lo que implicaría costos en alquileres, transporte, etc, además de generar incomodidad. Así mismo se podría reducir el tamaño de las viviendas, algunas ya con las dimensiones mínimas. Es preferible entonces actuar desde el exterior de edificio, asunto que permite evitar y interactuar con los ocupantes, la modificación en el tamaño de las viviendas, así como un nuevo acabado continuo para toda la fachada que renueva su aspecto. Esta intervención elimina generalmente los puentes térmicos –al pasar el aislamiento y el nuevo acabado por delante de los forjados existentes- mejorando la estanqueidad de toda la fachada, con un acabado continuo y homogéneo por delante de la existente.

Actualmente los edificios de Montbau están contruidos con sistemas masivos del tipo “a” y “c” (Ver foto 6.1 a 6.4 detalles edificios tipo Montbau). La nueva rehabilitación permitiría tener sistemas masivos con aislamiento exterior del tipo “b” y sistemas ligeros con cámara de aire y ventilación de la cámara del tipo “e” (Ver figura 6.4).

Estos tipos constructivos permiten rehabilitar los edificios, actuando desde el exterior. El caso “e” panel ligero con cámara ventilada, es una solución óptima para climas cálidos ya que evita el sobrecalentamiento de los paramentos exteriores, sobre todo en las orientaciones de este y oeste que pueden producir sobrecalentamientos en las mañanas y en las noches.

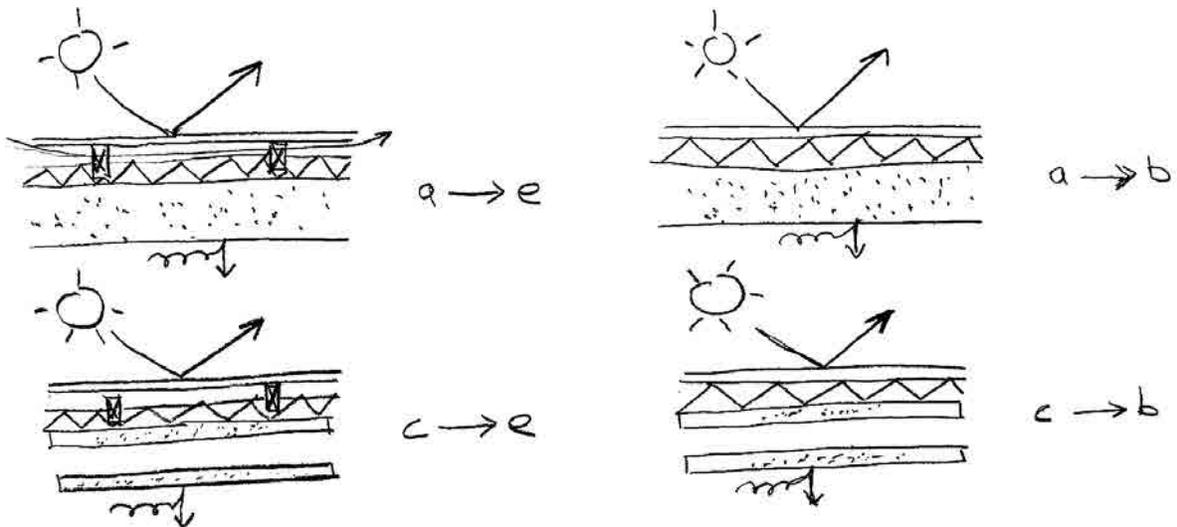
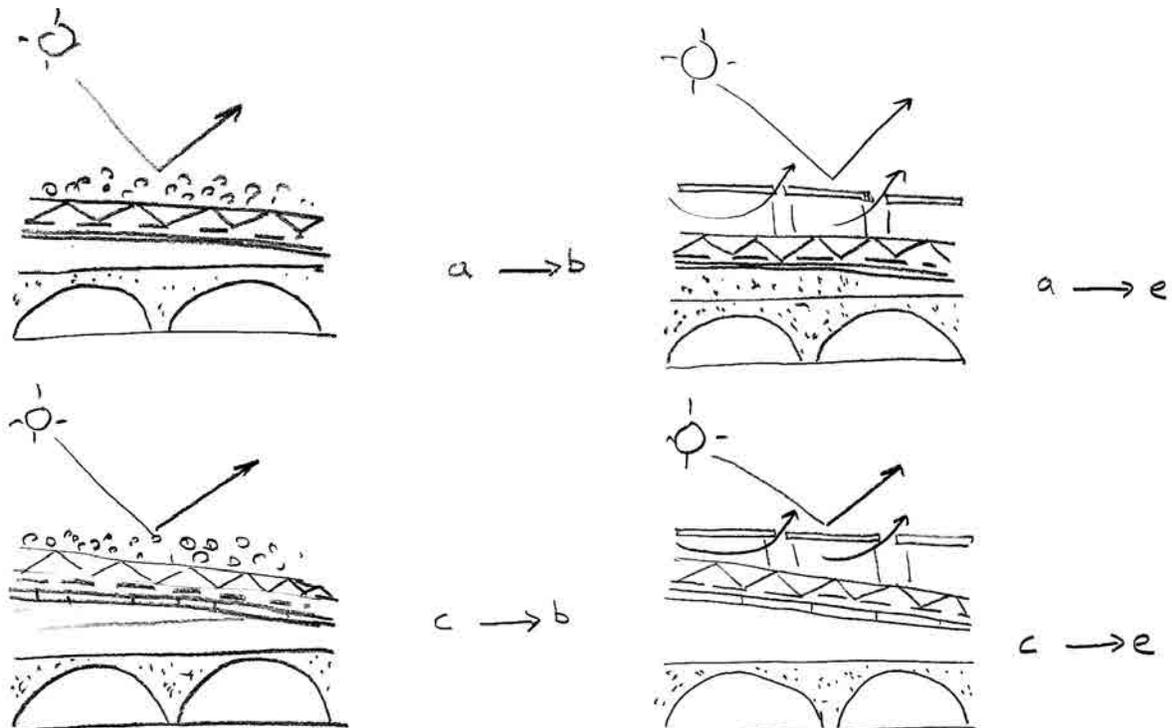


Figura 6.4. Adaptación Técnicas de Cerramiento a partir de las existentes. (Desarrollado por el autor a partir de las técnicas de cerramiento descritas en: ARAUJO, Ramón, (2007). *La arquitectura como técnica*. Madrid; A.T.C. Ediciones S.L. ISBN: 978-84-920517-0-0.

Figura 6.5. Adaptación Técnicas de Cerramiento de cubiertas partir de las existentes. (Desarrollado por el autor a partir de las técnicas de cerramiento descritas en: ARAUJO, Ramón, (2007). *La arquitectura como técnica*. Madrid; A.T.C. Ediciones S.L. ISBN: 978-84-920517-0-0.

Las cubiertas de los edificios de Montbau son, principalmente de dos tipos, forjado con un hormigón de pendientes o material de relleno más el acabado y forjado con cámara de aire ventilada y acabado, que se podría asimilar a los casos "a" y "c" de fachadas. Para su rehabilitación se actuaría con los mismos criterios que en las fachadas, superponiendo nuevos elementos sobre lo existente, asimilables a los casos "b" y "e". El "b", sería una cubierta invertida con acabado de grava y la "c" invertida ventilada y transitable, las que, en función del diseño y construcción del edificio, se adaptarían en función de los criterios de diseño de rehabilitación (Ver figura 6.5).



6.4

Propuestas constructivas y evaluación de su coste energético, económico y de emisiones de CO2 eq

Se analizan dos propuestas constructivas en las que el grosor del aislamiento puede variar. En la primera, T1, se coloca una doble capa de mortero armada sobre el aislamiento. Este método permite recuperar la imagen del edificio, ya que logra replicar formas y molduras. La recuperación a futuro del material es difícil, ya que se ha incorporado el material aislante dentro de una masa pétreo. La segunda propuesta T2, es una fachada ventilada donde todos los materiales se unen mediante sistemas mecánicos, lo que permite a futuro su desmontaje y reciclado. También este tipo de fachadas ventiladas son más favorables en climas cálidos, pues permiten la ventilación de la cámara y reducen la incidencia del sol sobre el espacio interior.

Para evaluar el coste energético, económico y de emisiones, se proponen estas dos soluciones constructivas estándares denominadas T1 y T2 y mediante el programa TCQ 2000 y se evalúa el coste económico de la reforma constructiva. El programa permite estimar el coste energético de la adaptación y las emisiones que se producen al analizar la actuación de la fachada (Ver anexo 6.1 con las descripciones de las soluciones constructivas y de los elementos que la componen, datos obtenidos del programa TCQ 2000).

Para comprobar la viabilidad de las soluciones constructivas propuestas, estas se adaptan a los edificios tipo A, EF, Q y UNI14. A partir de las soluciones constructivas desarrolladas en el capítulo 3, se adaptan a la envolvente actual las dos soluciones estándar del estudio.

Propuesta constructiva estándar T1

Los resultados de las propuestas constructivas se desarrollan y adaptan en las siguientes secciones constructivas de los cuatro edificios tipo (Ver adaptación de la solución constructiva en las Figuras 6.6 a 6.9 Detalles constructivos de los edificios A, EF, Q y UNI14).

A partir de los datos suministrados por el programa se componen unas soluciones tipo por m² de fachada, lo que posteriormente permitirá analizar el global de envolvente de cada uno de los edificios tipo seleccionados.

La propuesta constructiva denominada T1 estaría definida entonces por los siguientes:



Foto 6.5. Poliestireno extruido XPS. (Fuente: Dow Chemical <http://building.dow.com/europe/es>, acceso agosto 2014).

Cuadro 6.1. Coste de rehabilitación de fachada superpuesta según grosor (Fuente: Elaboración del autor a partir de los datos del programa TCQ 2000).

Fachada T1, superpuesta

Aislamiento de planchas de poliestireno extruido XPS (Ver foto 6.1 Poliestireno extruido XPS), doble capa de mortero de cemento con armadura de fibra de vidrio revestida de PVC conjunto sobre pared existente. (Ver anexo 6.1 con las descripciones de las soluciones constructivas y de los elementos que la componen, datos obtenidos del programa TCQ 2000). (Ver tabla 6.1)

Grueso	Kwh/m2	CO2 eq /m2	€/m2
7 cm	115,31	55,91	114,31
10 cm	146,02	72,23	120,49
15 cm	201,15	101,52	134,23
40 cm	464,95	241,70	190,72

Cubierta T1, invertida acabado de grava

Impermeabilización de lámina bituminosa, aislamiento de poliestireno extruido XPS y acabado final de grava sobre cubierta existente con pendientes. (Ver anexo 6.1 con las descripciones de las soluciones constructivas y de los elementos que la componen, datos obtenidos del programa TCQ 2000). (Ver tabla 6.2)

Cuadro 6.2. Coste de rehabilitación cubierta invertida según grosor (Fuente: Elaboración del autor a partir de los datos del programa TCQ 2000).

Grueso	Kwh/m2	CO2 eq/m2	€/m2
7 cm	139,93	71,67	54,48
10 cm	166,71	85,90	57,18
15 cm	217,90	113,10	67,86
40 cm	473,85	249,10	116,97



Foto 6.6. Poliestireno extruido XPS, en cubierta. (Fuente: Dow Chemical <http://building.dow.com/europe/es>, acceso agosto 2014).

El precio energético de emisiones y económico crecerá a medida que se aumenta el grosor de aislamiento

Como complemento a la propuesta constructiva de fachada, se establecen dos tipos de carpinterías; una de aluminio y otra de madera, las dos con cristal doble. Estos valores de carpinterías son válidos para las dos propuestas constructivas estudiadas.

Carpintería de aluminio

Carpintería de aluminio anodizado natural con rotura de puente térmico, de dos hojas batientes. Vidrio aislante con una luna incolora y otra filtrante de 4 y 6 mm de espesor y cámara de aire de 12 mm. Permeabilidad al aire clase 3 o superior. (Ver anexo 6.1 con las descripciones de las soluciones constructivas y de los elementos que la componen, datos obtenidos del programa TCQ 2000).

Cuadro 6.3. Coste de rehabilitación carpintería de aluminio (Fuente: Elaboración del autor a partir de los datos del programa TCQ 2000).

	Kwh/m2	CO2 eq/m2	€/m2
	1.130,00	545,50	368,63

Carpintería de madera

Carpintería de madera de roble barnizada, colocada en obra de dos hojas batientes. Vidrio aislante con una luna incolora y otra filtrante de 4 y 6 mm de espesor y cámara de aire de 12 mm. Permeabilidad al aire clase 3 o superior. (Ver anexo 6.1 con las descripciones de las soluciones constructivas y de los elementos que la componen, datos obtenidos del programa TCQ 2000).

Cuadro 6.4. Coste de rehabilitación carpintería de madera (Fuente: Elaboración del autor a partir de los datos del programa TCQ 2000).

	Kwh/m2	CO2 eq/m2	€/m2
	164,67	38,03	148,52

Mantenimiento carpintería de madera cada 4 años

Barnizado de ventanas y balconeras de madera, al barniz sintético, con una capa de protección insecticida – fungicida y dos de acabado, con la superficie semimate. (Ver anexo 6.1 con las descripciones de las soluciones constructivas y de los elementos que la componen, datos obtenidos del programa TCQ 2000).

Cuadro 6.5. Coste de mantenimiento carpintería de madera cada 4 años (Fuente: Elaboración del autor a partir de los datos del programa TCQ 2000).

	Kwh/m2	CO2 eq/m2	€/m2
	13,44	7,26	24,00

Es importante destacar el elevado coste de una carpintería de aluminio en comparación con una de madera. Se debe valorar que las de aluminio no necesitan ningún tipo de mantenimiento y las de madera requieren de este cada cierto tiempo. El aluminio tiene un coste energético muy elevado de fabricación con las consiguientes emisiones de CO2 eq. Sin embargo, el aluminio es un material reciclable y la mayoría de fabricantes incorpora elementos reciclados en su proceso de fabricación.

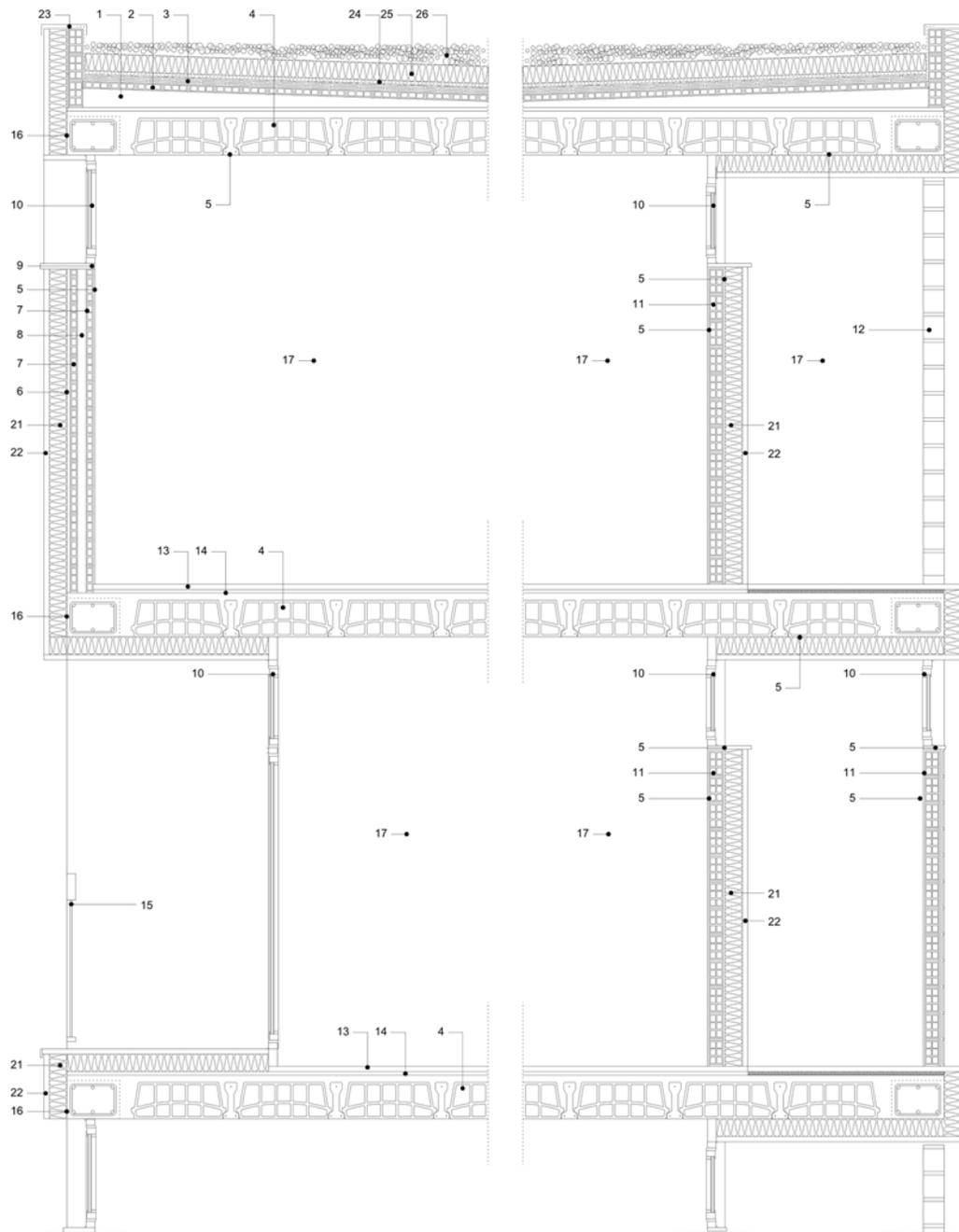


Figura 6.6. Detalle constructivo Bloque A. (Fuente: Elaboración del autor a partir de los datos extraídos de los proyectos del archivo de PMH Barcelona) 1. Material de relleno 2. Ladrillo de gran tamaño 3. Doble capa de rasilla 4. Forjado con bovedillas cerámicas y vigas de hormigón 5. Enyesado 6. Azulejo cerámico vitrificado, 7. Tabique cerámico de ladrillo hueco de 5 cm 8. Cámara de aire 9. Vierteaguas de piedra artificial 10. Ventana de aluminio o madera con vidrio doble 11. Tabique cerámico de ladrillo hueco de 10 cm 12. Celosía cerámica 13. Pavimento de piedra artificial de 3cm 14. Capa de mortero 15. Barandilla 16. Canto de forjado visto 17. Muro – pantalla de hormigón armado de 20 cm en divisorias y medianeras 21. Aislamiento de poliestireno extruido (7-10-15-40 cm) 22 Doble capa de mortero de cemento con armadura de fibra de vidrio 23. Remate de plancha 24. Impermeabilización lámina bituminosa 25. Aislamiento de poliestireno extruido (7-10-15-40 cm) 26. Grava.

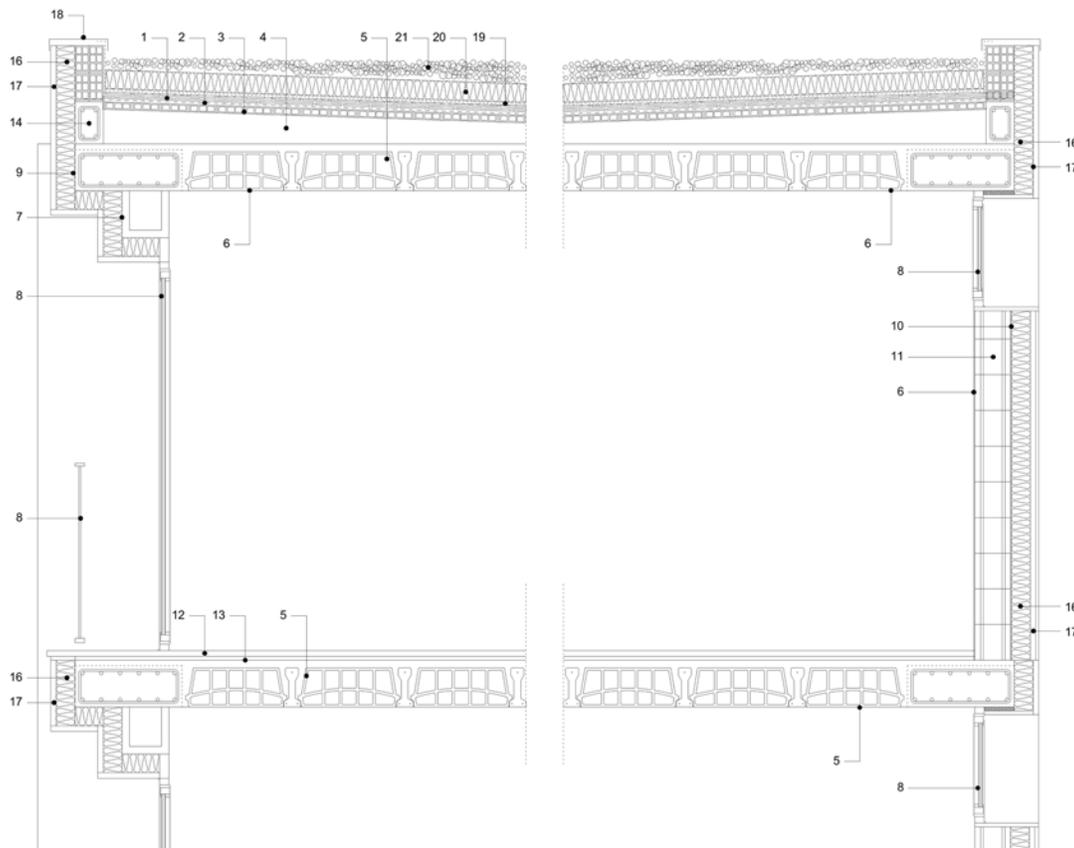


Figura 6.7. Detalle constructivo Bloque E/F. (Fuente: Elaboración del autor a partir de los datos extraídos de los proyectos del archivo de PMH Barcelona) 1. Doble capa de rasilla 2. Tela asfáltica 3. Ladrillo de gran tamaño 4. Material de relleno 5. Forjado con bovedilla cerámica y vigas de hormigón 6. Enyesado 1 cm 7. Dintel cerámico 8. Carpintería de aluminio o madera con vidrio doble 9. Aplacado cerámico "plavit" azul 10. Mortero de cemento pintado 3 cm 11. Bloque de Hormigón 19 x 19 x 39 cm 12. Mosaico hidráulico de 30 x 30 cm 13. Capa de mortero 14. Remate de cornisa de hormigón armado 15. Barandilla 16. Aislamiento de poliestireno extruido (7-10-15-40 cm) 17. Doble capa de mortero de cemento con armadura de fibra de vidrio 18. Remate de plancha 19. Impermeabilización lámina bituminosa 20. Aislamiento de poliestireno extruido (7-10-15-40 cm) 21. Grava.

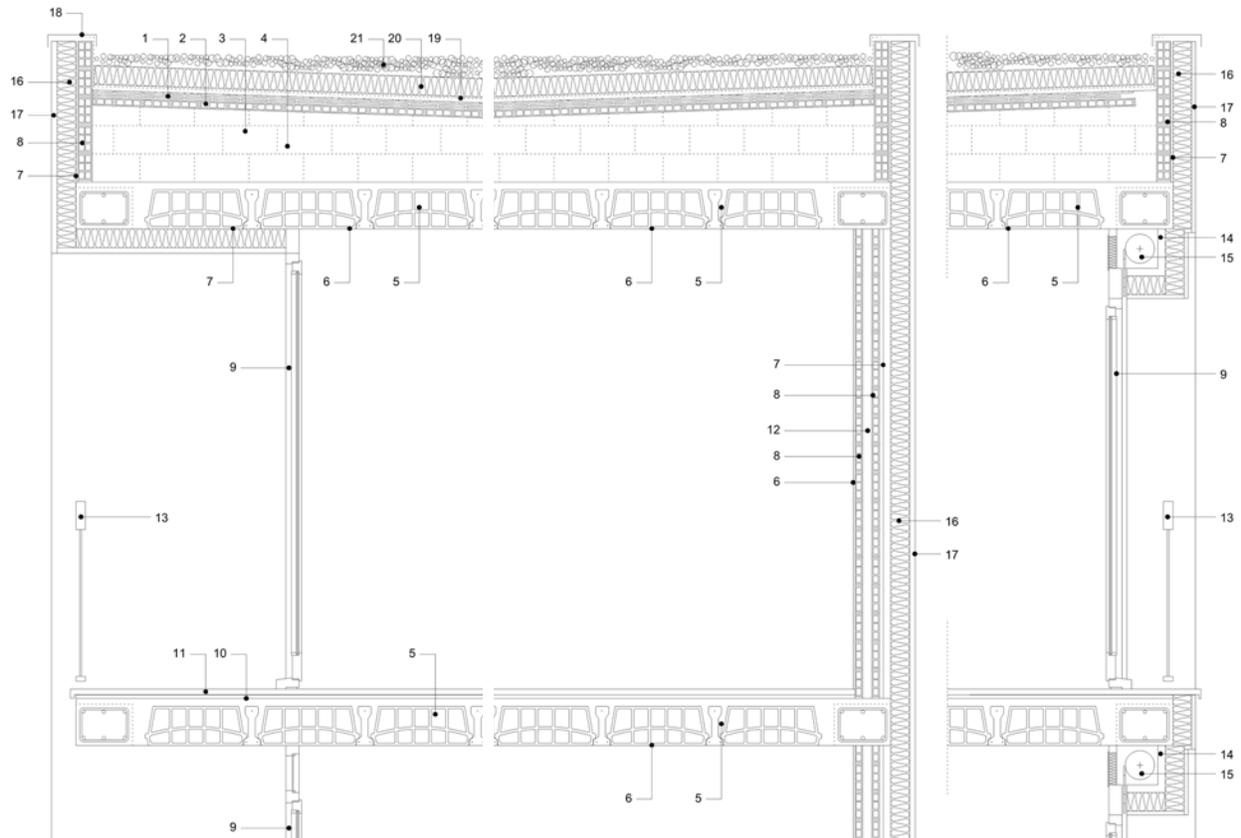


Figura 6.8. Detalle constructivo Bloque Q. (Fuente: Elaboración del autor a partir de los datos extraídos de los proyectos del archivo de PMH Barcelona). 1. Doble capa de rasilla 2. Ladrillo de gran tamaño 3. Tabiques conejeros 4. Cámara ventilada 5. Forjado con bovedilla cerámica y viga de hormigón 6. Enyesado 1cm 7. Mortero 8. Tabique cerámico de ladrillo hueco de 5 cm 9. Carpintería de aluminio o madera con vidrio doble 10. Capa de mortero 11. Mosaico Hidráulico de 25 x 25 12. Cámara de aire de 5 cm 13. Barandilla 14. Caja de persianas cerámica 15. Persiana 16. Aislamiento de poliestireno extruido (7-10-15-40 cm) 17. Doble capa de mortero de cemento con armadura de fibra de vidrio 18. Remate de plancha 19. Impermeabilización lámina bituminosa 20. Aislamiento de poliestireno extruido (7-10-15-40 cm) 21. Grava.

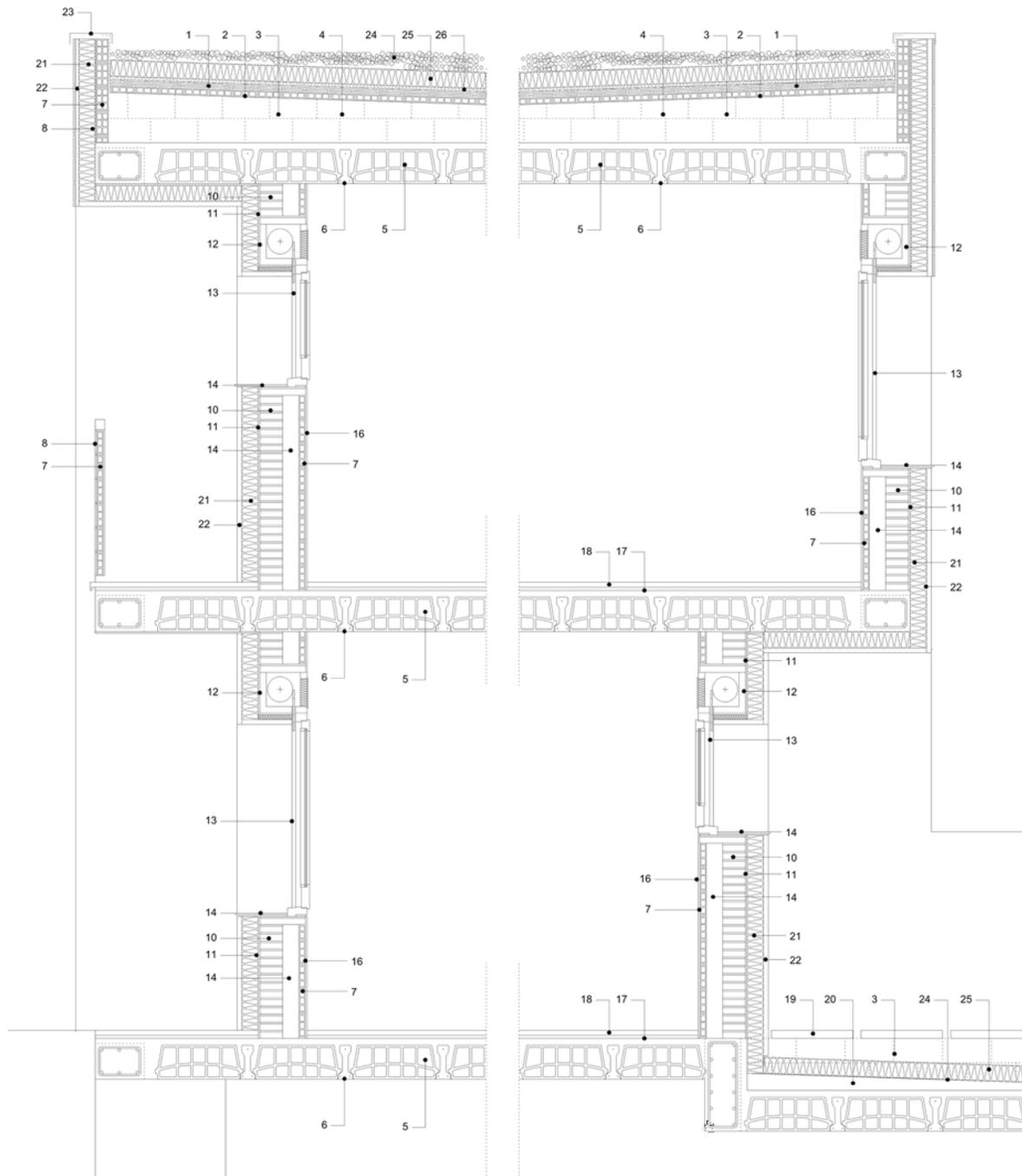


Figura 6.9. Detalle constructivo Unifamiliar 14. (Fuente: Elaboración del autor a partir de los datos extraídos de los proyectos del archivo de PMH Barcelona). 1. Doble capa de rasilla 2. Ladrillo de gran tamaño 3. Tabiques conejeros 4. Cámara ventilada 5. Forjado con bovedilla cerámica y viga de hormigón 6. Enyesado 1 cm 7. Tabique cerámico de ladrillo hueco de 5 cm 8. Aplacado cerámico 9. Remate barandilla de madera 10. Ladrillo perforado de 15 cm 11. Mortero pintado 12. Caja de persianas cerámica 13. Carpintería aluminio o madera con vidrio doble 14. Vierteaguas cerámico 15. Cámara de aire de 10 cm 16. Enyesado 17. Capa de mortero pintado 18. Mosaico hidráulico de 30 x30 cm 19. Pavimento de piedra artificial armada 20. Hormigón de pendientes 21. Aislamiento de poliestireno extruido (7-10-15-40 cm) 22 Doble capa de mortero de cemento con armadura de fibra de vidrio 23. Remate de plancha 24. Impermeabilización lámina bituminosa 25. Aislamiento de poliestireno extruido (7-10-15-40 cm) 26. Grava.



Foto 6.7. Lana de roca. / lana Mineral
(Fuente: Isover <http://www.isovert.es/>,
acceso agosto 2014).

Propuesta constructiva estándar T2

De la misma manera que se adapta la solución T1, se realiza con la T2, adaptando ésta propuesta constructiva a cada uno de los edificios tipo (Ver figuras 6.10 a 6.13 Detalles constructivos de los edificios A, EF, Q y UNI14).

La última capa, en contacto con el exterior, puede ser de diversos materiales, como maderas, cerámicas o fibrocemento. En este caso se ha seleccionado este último. En esta propuesta la imagen del edificio varía y habría que proyectar con detenimiento la imagen que se obtiene.

Estaría entonces definida por los siguientes:

Fachada tipo 2, ventilada

Aislamiento de placa rígida de lana de roca con estructura de soporte, cámara ventilada y acabado de fibrocemento, conjunto sobre pared existente. (Ver anexo 6.1 con las descripciones de las soluciones constructivas y de los elementos que la componen, datos obtenidos del programa TCQ 2000).

Grueso	Kwh/m2	CO2 eq/m2	€/m2
7 cm	139,93	71,67	54,48
10 cm	166,71	85,90	57,18
15 cm	217,90	113,10	67,86
40 cm	473,85	249,10	116,97

Cuadro 6.6. Coste de rehabilitación de fachada ventilada según grosor (Fuente: Elaboración del autor a partir de los datos del programa TCQ 2000).

Cubierta tipo 2 ventilada

Impermeabilización de lámina bituminosa, aislamiento de poliestireno extruido XPS y acabado con pavimento de hormigón flotante sobre cubierta existente y con pendientes. (Ver anexo 6.1 con las descripciones de las soluciones constructivas y de los elementos que la componen, datos obtenidos del programa TCQ 2000).

Grueso	Kwh/m2	CO2 eq/m2	€/m2
7 cm	454,69	225,73	141,02
10 cm	481,47	239,96	143,72
15 cm	532,66	267,16	154,40
40 cm	788,61	403,16	203,51

Cuadro 6.7. Coste de rehabilitación de cubierta ventilada según grosor (Fuente: Elaboración del autor a partir de los datos del programa TCQ 2000).

Las ventanas tendrán las mismas características en los dos casos.

La fachada ventilada T2 tiene un coste superior a la superpuesta T1. Pero la primera dispone de una cámara ventilada que reduce sobrecalentamientos en verano, otra de sus ventajas es la posibilidad de reciclar los materiales que la componen una vez ha pasado su vida útil, pues se utilizan sistemas mecánicos de unión¹⁸.

¹⁸ Fitzgerald, E et al. (1999).

La cubierta tiene características similares; el acabado de grava y las losas de hormigón. Estos elementos protegerán de sobrecalentamientos, preservan el aislamiento y la lámina impermeabilizante, alargando su durabilidad y vida útil. El coste se incrementa al hacer la superficie utilizable con las losas de hormigón y sus correspondientes soportes. Habría que valorar en el proyecto la viabilidad y utilización de las cubiertas de los edificios. Estos son espacios aprovechables para la comunidad, recuperando espacios no utilizados que contribuyen a la relación con el entorno y las personas.



Figura 6.10. Detalle constructivo Bloque A. (Fuente: Elaboración del autor a partir de los datos extraídos de los proyectos del archivo de PMH Barcelona). 1. Material de relleno 2. Ladrillo de gran tamaño 3. Doble capa de rasilla 4. Forjado con bovedillas cerámicas y vigas de hormigón 5. Enyesado 6. Azulejo cerámico vitrificado 7. Tabique cerámico de ladrillo hueco de 5 cm 8. Cámara de aire 9. Vierteaguas de piedra artificial 10. Carpintería de aluminio o madera con vidrio doble 11. Tabique cerámico de ladrillo hueco de 10 cm 12. Celosía cerámica 13. Pavimento de piedra artificial de 3 cm 14. Capa de mortero 15. Barandilla 16. Canto de forjado visto 17. Muro – pantalla de hormigón armado de 20 cm en divisorias y medianeras 18. Aislamiento de placa rígida de lana de roca (7-10-15-40 cm) 19. Estructura de soporte de aluminio, sostenida por anclajes a la pared 20. Planchas de fibrocemento atornilladas a estructura de soporte 21. Chapa de remate 22. Impermeabilización lámina bituminosa 23. Aislamiento de poliestireno extruido (7-10-15-40 cm) 24. Pavimento de losas de hormigón flotante.

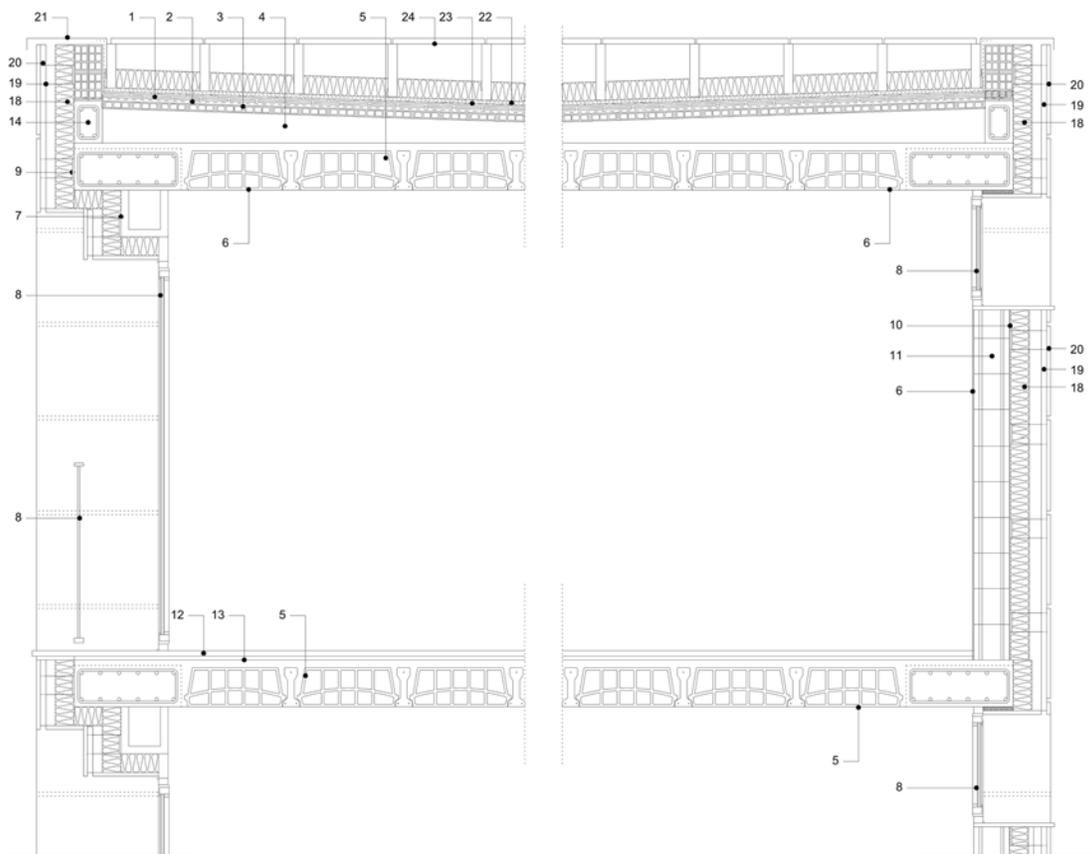


Figura 6.11. Detalle constructivo Bloque E/F. (Fuente: Elaboración del autor a partir de los datos extraídos de los proyectos del archivo de PMH Barcelona) 1. Doble capa de rasilla 2. Tela asfáltica 3. Ladrillo de gran tamaño 4. Material de relleno 5. Forjado con bovedilla cerámica y vigas de hormigón 6. Enyesado 1 cm 7. Dintel cerámico 8. Carpintería de aluminio o madera con vidrio doble 9. Aplacado cerámico "plavit" azul 10. Mortero de cemento pintado de 3 cm 11. Bloque de Hormigón 19 x 19 x 39 cm 12. Mosaico hidráulico de 30 x 30 cm 13. Capa de mortero 14. Remate de cornisa de hormigón armado 15. Barandilla 16. Aislamiento de placa rígida de lana de roca (7-10-15-40 cm) 17. Estructura de soporte de aluminio sostenida por anclajes a la pared 18. Planchas de fibrocemento atornilladas a estructura de soporte 19. Chapa de remate 20. Impermeabilización lámina bituminosa 21. Aislamiento de poliestireno extruido (7-10-15-40 cm) 22. Pavimento de losas de hormigón flotante.

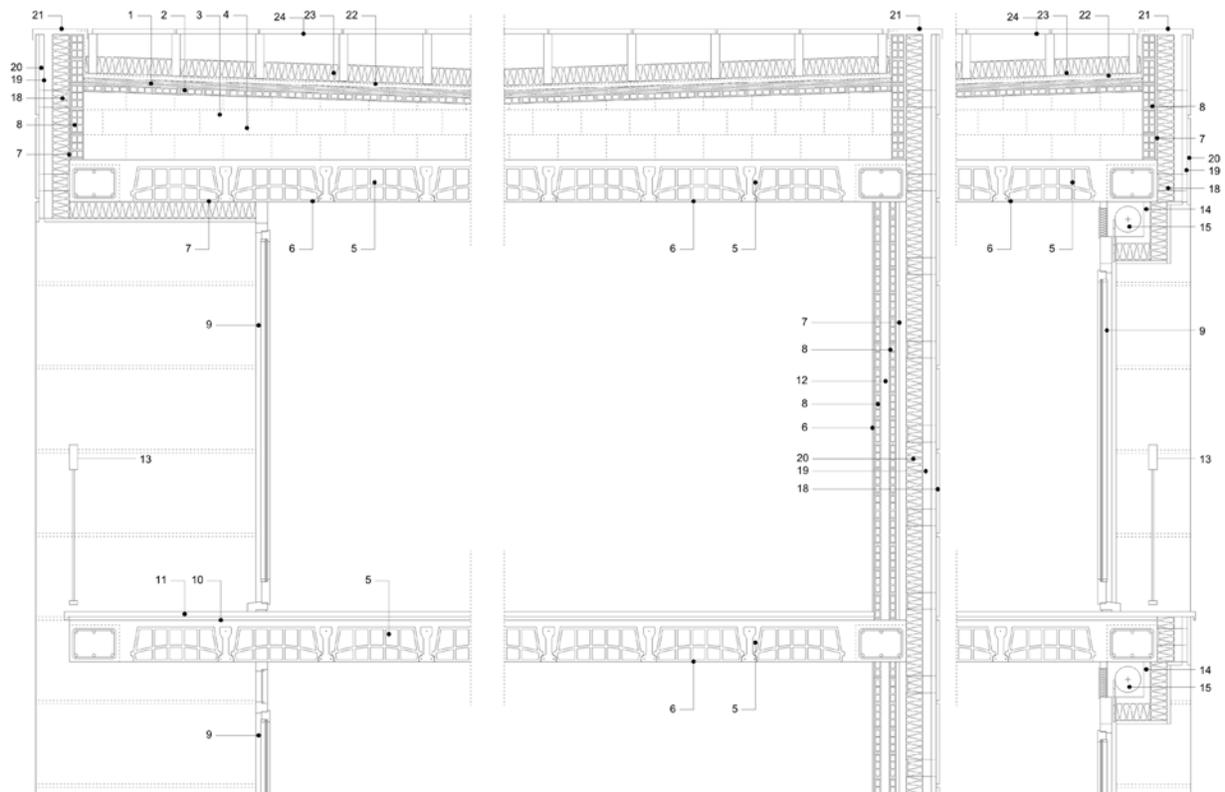


Figura 6.12. Detalle constructivo Bloque Q (Fuente: elaboración del autor a partir de los datos extraídos de los proyectos del archivo de PMH Barcelona) 1. Doble capa de rasilla 2. Ladrillo de gran tamaño 3. Tabiques conejeros 4. Cámara ventilada 5. Forjado con bovedilla cerámica y viga de hormigón 6. Enyesado de 1 cm 7. Mortero 8. Tabique cerámico de ladrillo hueco de 5 cm 9. Carpintería de aluminio o madera con vidrio doble 10. Capa de mortero 11. Mosaico Hidráulico de 25 x 25 12. Cámara de aire de 5 cm 13. Barandilla 14. Caja de persianas cerámica 15. Persiana 16. Aislamiento de placa rígida de lana de roca (7-10-15-40 cm) 17. Estructura de soporte de de aluminio sostenida por anclajes a la pared 18. Planchas de fibrocemento atornilladas a estructura de soporte 19. Chapa de remate 20. Impermeabilización lámina bituminosa 21. Aislamiento de poliestireno extruido (7-10-15-40 cm) 22 Pavimento de losas de hormigón flotante.

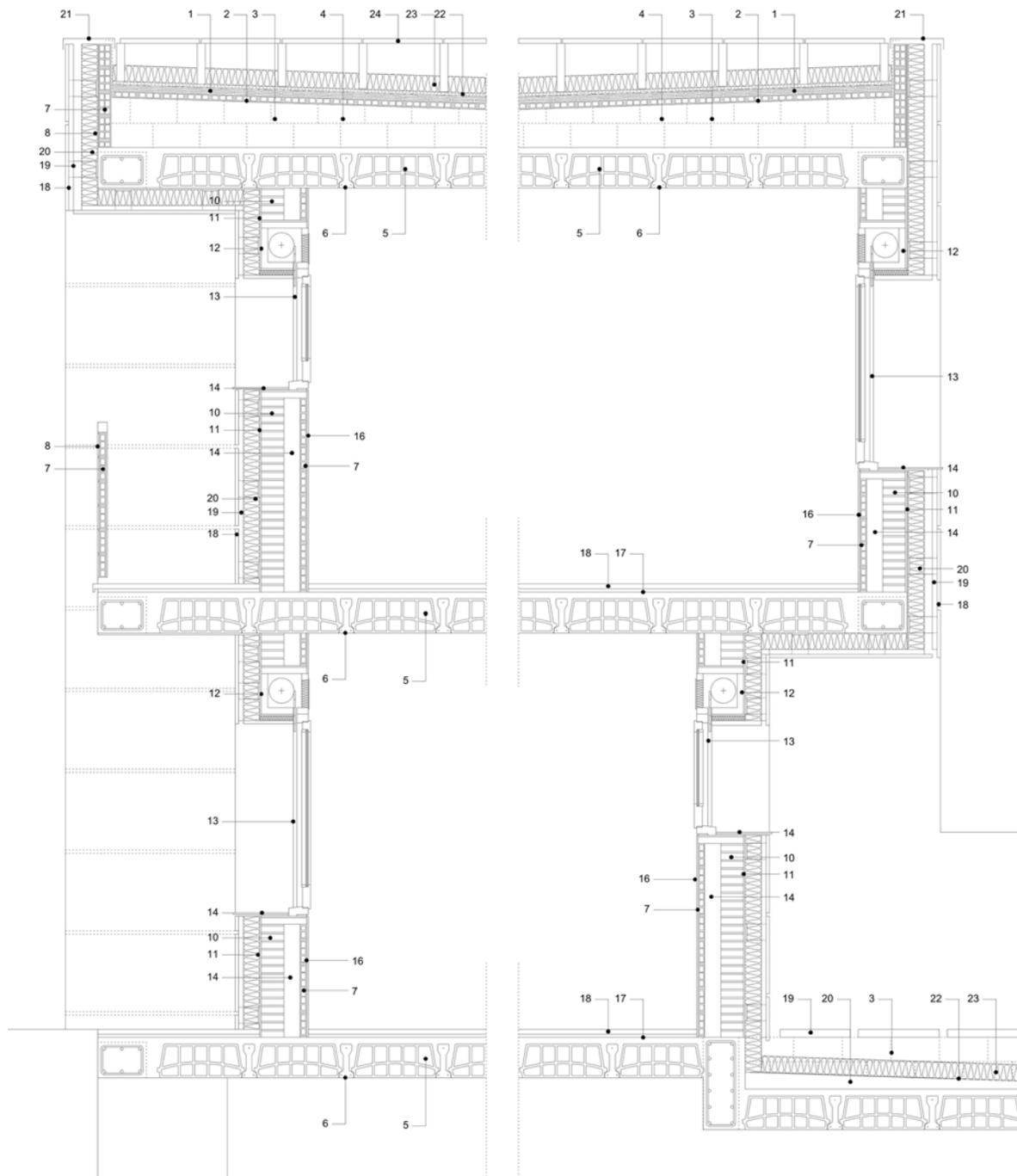


Figura 6.13. Detalle constructivo Unifamiliar 14. (Fuente: Elaboración del autor a partir de los datos extraídos de los proyectos del archivo de PMH Barcelona) 1. Doble capa de rasilla, 2. Ladrillo de gran tamaño 3. Tabiques conejeros 4. Cámara ventilada 5. Forjado con bovedilla cerámica y viga de hormigón. 6. Enyesado de 1cm 7. Tabique cerámico de ladrillo hueco de 5 cm 8. Aplacado cerámico 9. Remate barandilla de madera 10. Ladrillo perforado de 15 cm 11. Mortero pintado 12. Caja de persianas cerámica 13. Carpintería de aluminio o madera con vidrio doble 14. Vierteaguas cerámico 15. Cámara de aire de 10 cm 16. Enyesado 17. Capa de mortero pintado 18. Mosaico hidráulico de 30 x 30 cm 19. Pavimento de piedra artificial armada 20. Hormigón de pendientes 21. Aislamiento de placa rígida de lana de roca (7-10-15-40 cm) 22. Estructura de soporte de aluminio sostenida por anclajes a la pared 23. Planchas de fibrocemento atornilladas a estructura de soporte 24. Chapa de remate 25. Impermeabilización lámina bituminosa 26. Aislamiento de poliestireno extruido (7-10-15-40 cm) 27 Pavimento de losas de hormigón flotante.

6.5

Coste de rehabilitación de fachadas

Una vez demostrada la viabilidad técnica y obtenido el valor económico, energético y de emisiones de CO₂ eq por metro cuadrado de las soluciones constructivas adaptadas a los edificios tipo, se evalúa el coste de rehabilitación de cada edificio en función del tipo constructivo, el grosor de aislamiento y la carpintería seleccionados.

Para establecer estos valores se evalúa la superficie de cerramiento de muros, oberturas y cubierta, de cada uno de los edificios tipo estudiados: A, EF, Q y UNI14. Se aplican en función de las dos propuestas constructivas T1 y T2 establecidas, para obtener los resultados, reflejados en los siguientes cuadros de evaluación de costes. (Ver cuadro 6.1 a 6.4).

Para cada tipología de edificio se proponen estas dos soluciones constructivas –T1 y T2- con dos tipos de carpintería aluminio o madera, las dos con vidrio doble y con los cuatro grosores de aislamiento estudiados -7, 10, 15, 40 cm-. Para cada una de estas propuestas, se obtiene su coste energético de emisiones de CO₂ eq y el valor económico que se debería invertir para hacer la remodelación de la envolvente y recuperar la habitabilidad de los espacios interiores.

Los costes de rehabilitación de fachadas están influenciados por los tipos de materiales constructivos que se seleccionan. La influencia de la carpintería de aluminio es muy elevada en cualquiera de las tipologías. El coste energético y de emisiones de CO₂ eq puede duplicar o triplicar al de construir las mismas oberturas con carpintería de madera. Es necesario valorar los costes de mantenimiento teniendo en cuenta que el paso del tiempo contribuye a equilibrar estos costes energéticos y de emisiones de CO₂ eq a la atmósfera.

PROPUESTA CONSTRUCTIVA TIPO 1												
Fachada tipo 1 superpuesta												
Grueso	kWh/m2	CO2 eq/m2	€/m2	m2 fachada	kWh	CO2 eq	€					
7 cm	115,31	55,91	114,31	1.628,75	187.811,16	91.063,41	186.182,41					
10 cm	146,02	72,23	120,49	1.628,75	237.830,08	117.644,61	196.248,09					
15 cm	201,15	101,52	134,23	1.628,75	327.623,06	165.350,70	218.627,11					
40 cm	464,95	241,70	190,72	1.628,75	757.287,31	393.668,88	310.635,20					
Cubierta tipo 1												
Grueso	kWh/m2	CO2 eq/m2	€/m2	m2 cubierta	kWh	CO2 eq	€					
7 cm	139,93	71,67	54,48	454,60	63.612,18	32.581,18	24.766,61					
10 cm	166,71	85,90	57,18	454,60	75.786,37	39.050,14	25.994,03					
15 cm	217,90	113,10	67,86	454,60	99.057,34	51.415,26	30.849,16					
40 cm	473,85	249,10	116,97	454,60	215.412,21	113.240,86	53.174,56					
Carpintería												
Al+vidrio d	1130,54	545,5	368,63	1.074,60	1.214.878,28	586.194,30	396.129,80					
Madera+vidrio d	164,67	38,03	148,52	1.074,60	176.954,38	40.867,04	159.599,59					
Total solución Constructiva carpintería Aluminio									sup edif. m2	kWh/m2	CO2 eq/m2	€/m2
7 cm					1.466.301,62	709.838,89	607.078,82	3.954,38	370,80	179,51	153,52	
10 cm					1.528.494,73	742.889,05	618.371,91	3.954,38	386,53	187,86	156,38	
15 cm					1.641.558,69	802.960,26	645.606,07	3.954,38	415,12	203,06	163,26	
40 cm					2.187.577,81	1.093.104,04	759.939,56	3.954,38	553,20	276,43	192,18	
Total solución Constructiva carpintería de madera									sup edif. m2	kWh/m2	CO2 eq/m2	€/m2
7 cm					428.377,72	164.511,63	370.548,61	3.954,38	108,33	41,60	93,71	
10 cm					490.570,82	197.561,79	381.841,71	3.954,38	124,06	49,96	96,56	
15 cm					603.634,78	257.633,00	409.075,86	3.954,38	152,65	65,15	103,45	
40 cm					1.149.653,90	547.776,77	523.409,35	3.954,38	290,73	138,52	132,36	
PROPUESTA CONSTRUCTIVA TIPO 2												
Fachada tipo 2 ventilada												
Grueso	kWh/m2	CO2 eq/m2	€/m2	m2 fachada	kWh	CO2 eq	€					
7 cm	164,27	35,60	105,29	1.628,75	267.554,76	57.983,50	171.491,09					
10 cm	187,88	41,02	111,86	1.628,75	306.009,55	66.811,33	182.191,98					
15 cm	227,48	50,18	125,26	1.628,75	370.508,05	81.730,68	204.017,23					
40 cm	424,82	95,65	183,56	1.628,75	691.925,58	155.789,94	298.973,35					
Cubierta tipo 2 ventilada												
Grueso	kWh/m2	CO2 eq/m2	€/m2	m2 cubierta	kWh	CO2 eq	€					
7 cm	454,69	225,73	141,02	454,60	206.702,07	102.616,86	64.107,69					
10 cm	481,47	239,96	143,72	454,60	218.876,26	109.085,82	65.335,11					
15 cm	532,66	267,16	154,40	454,60	242.147,24	121.450,94	70.190,24					
40 cm	788,61	403,16	203,51	454,60	358.502,11	183.276,54	92.515,65					
Carpintería												
Al+vidrio d	1130,54	545,5	368,63	1.074,60	1.214.878,28	586.194,30	396.129,80					
Madera+vidrio d	164,67	38,03	148,52	1.074,60	176.954,38	40.867,04	159.599,59					
Total solución Constructiva carpintería Aluminio									sup edif. m2	kWh/m2	CO2 eq/m2	€/m2
7 cm					1.689.135,12	746.794,66	631.728,58	3.954,38	427,16	188,85	159,75	
10 cm					1.739.764,10	762.091,44	643.656,89	3.954,38	439,96	192,72	162,77	
15 cm					1.827.533,57	789.375,91	670.337,26	3.954,38	462,15	199,62	169,52	
40 cm					2.265.305,97	925.260,77	787.618,79	3.954,38	572,86	233,98	199,18	
Total solución Constructiva carpintería de madera									sup edif. m2	kWh/m2	CO2 eq/m2	€/m2
7 cm					651.211,22	201.467,40	395.198,37	3.954,38	164,68	50,95	99,94	
10 cm					701.840,19	216.764,18	407.126,68	3.954,38	177,48	54,82	102,96	
15 cm					789.609,67	244.048,65	433.807,06	3.954,38	199,68	61,72	109,70	
40 cm					1.227.382,06	379.933,51	551.088,59	3.954,38	310,39	96,08	139,36	
MANTENIMIENTO CARPINTERIA DE MADERA												
Coste carpintería de madera cada 4 años									sup edif. m2	kWh/m2	CO2 eq/m2	€/m2
Madera	kWh/m2	CO2 eq/m2	€/m2	m2	kWh	CO2 eq	€					
Madera	13,44	7,26	24,00	1.074,60	14.442,62	7.801,60	25.790,40	3.954,38	3,65	1,97	6,52	

Cuadro 6.8. Coste de rehabilitación de fachadas: Edificio A, tipo dúplex (Fuente: Elaboración del autor a partir de los datos del programa TCC 2000).

PROPUESTA CONSTRUCTIVA TIPO 1											
Fachada tipo 1 superpuesta											
Grueso	kWh/m2	CO2 eq/m2	€/m2	m2 fachada	kWh	CO2 eq	€				
7 cm	115,31	55,91	114,31	2.811,20	324.159,47	157.174,19	321.348,27				
10 cm	146,02	72,23	120,49	2.811,20	410.491,42	203.052,98	338.721,49				
15 cm	201,15	101,52	134,23	2.811,20	565.472,88	285.393,02	377.347,38				
40 cm	464,95	241,70	190,72	2.811,20	1.307.067,44	679.467,04	536.152,06				
Cubierta tipo 1											
Grueso	kWh/m2	CO2 eq/m2	€/m2	m2 cubierta	kWh	CO2 eq	€				
7 cm	139,93	71,67	54,48	544,00	76.121,92	38.988,48	29.637,12				
10 cm	166,71	85,90	57,18	544,00	90.690,24	46.729,60	31.105,92				
15 cm	217,90	113,10	67,86	544,00	118.537,60	61.526,40	36.915,84				
40 cm	473,85	249,10	116,97	544,00	257.774,40	135.510,40	63.631,68				
Carpintería											
Al+vidrio d	1130,54	545,5	368,63	628,80	710.883,55	343.010,40	231.794,54				
Madera+vidrio d	164,67	38,03	148,52	628,80	103.544,50	23.913,26	93.389,38				
Total solución Constructiva carpintería Aluminio								sup edif. m2	kWh/m2	CO2 eq/m2	€/m2
7 cm					1.111.164,94	539.173,07	582.779,94	2.599,40	427,47	207,42	224,20
10 cm					1.212.065,22	592.792,98	601.621,95	2.599,40	466,29	228,05	231,45
15 cm					1.394.894,03	689.929,82	646.057,76	2.599,40	536,62	265,42	248,54
40 cm					2.275.725,39	1.157.987,84	831.578,29	2.599,40	875,48	445,48	319,91
Total solución Constructiva carpintería de madera								sup edif. m2	kWh/m2	CO2 eq/m2	€/m2
7 cm					503.825,89	220.075,94	444.374,77	2.599,40	193,82	84,66	170,95
10 cm					604.726,16	273.695,84	463.216,78	2.599,40	232,64	105,29	178,20
15 cm					787.554,98	370.832,69	507.652,59	2.599,40	302,98	142,66	195,30
40 cm					1.668.386,34	838.890,70	693.173,12	2.599,40	641,84	322,72	266,67
PROPUESTA CONSTRUCTIVA TIPO 2											
Fachada tipo 2 ventilada											
Grueso	kWh/m2	CO2 eq/m2	€/m2	m2 fachada	kWh	CO2 eq	€				
7 cm	164,27	35,60	105,29	2.811,20	461.795,82	100.078,72	295.991,25				
10 cm	187,88	41,02	111,86	2.811,20	528.168,26	115.315,42	314.460,83				
15 cm	227,48	50,18	125,26	2.811,20	639.491,78	141.066,02	352.130,91				
40 cm	424,82	95,65	183,56	2.811,20	1.194.253,98	268.891,28	516.023,87				
Cubierta tipo 2 ventilada											
Grueso	kWh/m2	CO2 eq/m2	€/m2	m2 cubierta	kWh	CO2 eq	€				
7 cm	454,69	225,73	141,02	544,00	247.351,36	122.797,12	76.714,88				
10 cm	481,47	239,96	143,72	544,00	261.919,68	130.538,24	78.183,68				
15 cm	532,66	267,16	154,40	544,00	289.767,04	145.335,04	83.993,60				
40 cm	788,61	403,16	203,51	544,00	429.003,84	219.319,04	110.709,44				
Carpintería											
Al+vidrio d	1130,54	545,5	368,63	628,80	710.883,55	343.010,40	231.794,54				
Madera+vidrio d	164,67	38,03	148,52	628,80	103.544,50	23.913,26	93.389,38				
Total solución Constructiva carpintería Aluminio								sup edif. m2	kWh/m2	CO2 eq/m2	€/m2
7 cm					1.420.030,74	565.886,24	604.500,67	2.599,40	546,29	217,70	232,55
10 cm					1.500.971,49	588.864,06	624.439,06	2.599,40	577,43	226,54	240,22
15 cm					1.640.142,37	629.411,46	667.919,06	2.599,40	630,97	242,14	256,95
40 cm					2.334.141,38	831.220,72	858.527,86	2.599,40	897,95	319,77	330,28
Total solución Constructiva carpintería de madera								sup edif. m2	kWh/m2	CO2 eq/m2	€/m2
7 cm					812.691,68	246.789,10	466.095,50	2.599,40	312,65	94,94	179,31
10 cm					893.632,43	269.766,93	486.033,89	2.599,40	343,78	103,78	186,98
15 cm					1.032.803,31	310.314,32	529.513,89	2.599,40	397,32	119,38	203,71
40 cm					1.726.802,32	512.123,58	720.122,69	2.599,40	664,31	197,02	277,03
MANTENIMIENTO CARPINTERIA DE MADERA											
Coste carpintería de madera cada 4 años								sup edif. m2	kWh/m2	CO2 eq/m2	€/m2
Madera	13,44	7,26	24,00	628,80	8.451,07	4.565,09	15.091,20	2.599,40	3,25	1,76	5,81

Cuadro 6.9. Coste de rehabilitación de fachadas: Edificio EF, tipo bloque lineal (Fuente: Elaboración del autor a partir de los datos del programa TCO 2000).

PROPUESTA CONSTRUCTIVA TIPO 1												
Fachada tipo 1 superpuesta												
Grueso	kWh/m2	CO2 eq/m2	€/m2	m2 fachada	kWh	CO2 eq	€					
7 cm	115,31	55,91	114,31	2.235,54	257.780,12	124.989,04	255.544,58					
10 cm	146,02	72,23	120,49	2.235,54	326.433,55	161.473,05	269.360,21					
16 cm	201,15	101,52	134,23	2.235,54	449.678,87	226.952,02	300.076,53					
40 cm	464,95	241,70	190,72	2.235,54	1.039.414,32	540.330,02	426.362,19					
Cubierta tipo 1												
Grueso	kWh/m2	CO2 eq/m2	€/m2	m2 cubierta	kWh	CO2 eq	€					
7 cm	139,93	71,67	54,48	292,40	40.915,53	20.956,31	15.929,95					
10 cm	166,71	85,90	57,18	292,40	48.746,00	25.117,16	16.719,43					
16 cm	217,90	113,10	67,86	292,40	63.713,96	33.070,44	19.842,26					
40 cm	473,85	249,10	116,97	292,40	138.553,74	72.836,84	34.202,03					
Carpintería												
Al+vidrio d	1130,54	545,5	368,63	1.058,40	1.196.563,54	577.357,20	390.157,99					
Madera+vidrio d	164,67	38,03	148,52	1.058,40	174.286,73	40.250,95	157.193,57					
Total solución Constructiva carpintería Aluminio									sup edif. m2	kWh/m2	CO2 eq/m2	€/m2
7 cm					1.495.259,19	723.302,55	661.632,52	3.524,94	424,19	205,20	187,70	
10 cm					1.571.743,09	763.947,41	676.237,64	3.524,94	445,89	216,73	191,84	
16 cm					1.709.956,37	837.379,66	710.076,79	3.524,94	485,10	237,56	201,44	
40 cm					2.374.531,60	1.190.524,06	850.722,21	3.524,94	673,64	337,74	241,34	
Total solución Constructiva carpintería de madera									sup edif. m2	kWh/m2	CO2 eq/m2	€/m2
7 cm					472.982,38	186.196,30	428.668,10	3.524,94	134,18	52,82	121,61	
10 cm					549.466,28	226.841,17	443.273,21	3.524,94	155,88	64,35	125,75	
16 cm					687.679,56	300.273,41	477.112,37	3.524,94	195,09	85,19	135,35	
40 cm					1.352.254,79	653.417,81	617.757,78	3.524,94	383,62	185,37	175,25	
PROPUESTA CONSTRUCTIVA TIPO 2												
Fachada tipo 2 ventilada												
Grueso	kWh/m2	CO2 eq/m2	€/m2	m2 fachada	kWh	CO2 eq	€					
7 cm	164,27	35,60	105,29	2.235,54	367.232,16	79.585,22	235.380,01					
10 cm	187,88	41,02	111,86	2.235,54	420.013,26	91.701,85	250.067,50					
16 cm	227,48	50,18	125,26	2.235,54	508.540,64	112.179,40	280.023,74					
40 cm	424,82	95,65	183,56	2.235,54	949.702,10	213.829,40	410.355,72					
Cubierta tipo 2 ventilada												
Grueso	kWh/m2	CO2 eq/m2	€/m2	m2 cubierta	kWh	CO2 eq	€					
7 cm	454,69	225,73	141,02	292,40	132.951,36	66.003,45	41.234,25					
10 cm	481,47	239,96	143,72	292,40	140.781,83	70.164,30	42.023,73					
16 cm	532,66	267,16	154,40	292,40	155.749,78	78.117,58	45.146,56					
40 cm	788,61	403,16	203,51	292,40	230.589,56	117.883,98	59.506,32					
Carpintería												
Al+vidrio d	1130,54	545,5	368,63	1.058,40	1.196.563,54	577.357,20	390.157,99					
Madera+vidrio d	164,67	38,03	148,52	1.058,40	174.286,73	40.250,95	157.193,57					
Total solución Constructiva carpintería Aluminio									sup edif. m2	kWh/m2	CO2 eq/m2	€/m2
7 cm					1.696.747,05	722.945,88	666.772,25	3.524,94	481,35	205,09	189,16	
10 cm					1.757.358,62	739.223,35	682.249,22	3.524,94	498,55	209,71	193,55	
16 cm					1.860.853,96	767.654,18	715.328,29	3.524,94	527,91	217,78	202,93	
40 cm					2.376.855,20	909.070,59	860.020,04	3.524,94	674,30	257,90	243,98	
Total solución Constructiva carpintería de madera									sup edif. m2	kWh/m2	CO2 eq/m2	€/m2
7 cm					674.470,24	185.839,63	433.807,82	3.524,94	191,34	52,72	123,07	
10 cm					735.081,81	202.117,11	449.284,80	3.524,94	208,54	57,34	127,46	
16 cm					838.577,15	230.547,93	482.363,87	3.524,94	237,90	65,40	136,84	
40 cm					1.354.578,39	371.964,34	627.055,61	3.524,94	384,28	105,52	177,89	
MANTENIMIENTO CARPINTERIA DE MADERA												
Coste carpintería de madera cada 4 años									sup edif. m2	kWh/m2	CO2 eq/m2	€/m2
Madera	kWh/m2	CO2 eq/m2	€/m2	m2	kWh	CO2 eq	€					
Madera	13,44	7,26	24,00	1.058,40	14.224,90	7.683,98	25.401,60	3.524,94	4,04	2,18	7,21	

Cuadro 6.10. Coste de rehabilitación de fachadas: Edificio Q, tipo torre (Fuente: Elaboración del autor a partir de los datos del programa TCO 2000).

PROPUESTA CONSTRUCTIVA TIPO 1											
Fachada tipo 1 superpuesta											
Grueso	kWh/m2	CO2 eq/m2	€/m2	m2 fachada	kWh	CO2 eq	€				
7 cm	115,31	55,91	114,31	390,15	44.988,20	21.813,29	44.598,05				
10 cm	146,02	72,23	120,49	390,15	56.969,70	28.180,53	47.009,17				
15 cm	201,15	101,52	134,23	390,15	78.478,67	39.608,03	52.369,83				
40 cm	464,95	241,70	190,72	390,15	181.400,24	94.299,26	74.409,41				
Cubierta tipo 1											
	kWh/m2	CO2 eq/m2	€/m2	m2 cubierta	kWh	CO2 eq	€				
7 cm	139,93	71,67	54,48	870,38	121.792,27	62.380,13	47.418,30				
10 cm	166,71	85,90	57,18	870,38	145.101,05	74.765,64	49.768,33				
15 cm	217,90	113,10	67,86	870,38	189.655,80	98.439,98	59.063,99				
40 cm	473,85	249,10	116,97	870,38	412.429,56	216.811,66	101.808,35				
Carpintería											
	kWh/m2	CO2 eq/m2	€/m2	m2	kWh	CO2 eq	€				
Al+vidrio d	1130,54	545,5	368,63	483,42	546.525,65	263.705,61	178.203,11				
Madera+vidrio d	164,67	38,03	148,52	483,42	79.604,77	18.384,46	71.797,54				
Total solución Constructiva carpintería Aluminio								sup edif. m2	kWh/m2	CO2 eq/m2	€/m2
7 cm					713.306,12	347.899,03	270.219,46	1.353,32	527,08	257,07	199,67
10 cm					748.596,40	366.651,79	274.980,62	1.353,32	553,16	270,93	203,19
15 cm					814.660,12	401.753,62	289.636,94	1.353,32	601,97	296,87	214,02
40 cm					1.140.355,45	574.816,52	354.420,87	1.353,32	842,64	424,75	261,89
Total solución Constructiva carpintería de madera								sup edif. m2	kWh/m2	CO2 eq/m2	€/m2
7 cm					246.385,24	102.577,88	163.813,89	1.353,32	182,06	75,80	121,05
10 cm					281.675,52	121.330,84	168.575,04	1.353,32	208,14	89,65	124,56
15 cm					347.739,25	156.432,47	183.231,36	1.353,32	256,95	115,59	135,39
40 cm					673.434,58	329.495,38	248.015,30	1.353,32	497,62	243,47	183,26
PROPUESTA CONSTRUCTIVA TIPO 2											
Fachada tipo 2 ventilada											
Grueso	kWh/m2	CO2 eq/m2	€/m2	m2 fachada	kWh	CO2 eq	€				
7 cm	164,27	35,60	105,29	390,15	64.089,94	13.889,34	41.078,89				
10 cm	187,88	41,02	111,86	390,15	73.301,38	16.003,95	43.642,18				
15 cm	227,48	50,18	125,26	390,15	88.751,32	19.577,73	48.870,19				
40 cm	424,82	95,65	183,56	390,15	165.743,52	37.317,85	71.615,93				
Cubierta tipo 2 ventilada											
	kWh/m2	CO2 eq/m2	€/m2	m2 cubierta	kWh	CO2 eq	€				
7 cm	454,69	225,73	141,02	870,38	395.753,08	196.470,88	122.740,99				
10 cm	481,47	239,96	143,72	870,38	419.061,86	208.856,38	125.091,01				
15 cm	532,66	267,16	154,40	870,38	463.616,61	232.530,72	134.386,67				
40 cm	788,61	403,16	203,51	870,38	686.390,37	350.902,40	177.131,03				
Carpintería											
	kWh/m2	CO2 eq/m2	€/m2	m2	kWh	CO2 eq	€				
Al+vidrio d	1130,54	545,5	368,63	483,42	546.525,65	263.705,61	178.203,11				
Madera+vidrio d	164,67	38,03	148,52	483,42	79.604,77	18.384,46	71.797,54				
Total solución Constructiva carpintería Aluminio								sup edif. m2	kWh/m2	CO2 eq/m2	€/m2
7 cm					1.006.368,67	474.065,83	342.023,00	1.353,32	743,63	350,30	252,73
10 cm					1.038.888,89	488.565,95	346.936,31	1.353,32	767,66	361,01	256,36
15 cm					1.098.893,58	515.814,06	361.459,98	1.353,32	812,00	381,15	267,09
40 cm					1.398.659,54	651.925,86	426.950,08	1.353,32	1.033,50	481,72	315,48
Total solución Constructiva carpintería de madera								sup edif. m2	kWh/m2	CO2 eq/m2	€/m2
7 cm					539.447,79	228.744,68	235.617,42	1.353,32	398,61	169,02	174,10
10 cm					571.968,01	243.244,80	240.530,73	1.353,32	422,64	179,74	177,73
15 cm					631.972,70	270.492,91	255.054,40	1.353,32	466,98	199,87	188,47
40 cm					931.738,67	406.604,71	320.544,51	1.353,32	688,48	300,45	236,86
MANTENIMIENTO CARPINTERIA DE MADERA											
Coste carpintería de madera cada 4 años								sup edif. m2	kWh/m2	CO2 eq/m2	€/m2
	kWh/m2	CO2 eq/m2	€/m2	m2	kWh	CO2 eq	€				
Madera	13,44	7,26	24,00	483,42	6.497,16	3.509,63	11.602,08	1.353,32	4,80	2,59	8,57

Cuadro 6.11. Coste de rehabilitación de fachadas: Edificio UNI14, tipo viviendas unifamiliares (Fuente: Elaboración del autor a partir de los datos del programa TCQ 2000).



7

**Optimización punto de equilibrio
de los edificios tipo para Barcelona**

En este capítulo se pretende analizar los diversos edificios estudiados sin rehabilitar –Bloque A, EF, Q y UNI14- y las consecuencias posteriores a su rehabilitación en un periodo de 50 años, para establecer entonces el punto óptimo con las mejoras frente a consumo energético, emisiones de CO₂ eq a la atmósfera y costes. Este análisis permitirá establecer en las gráficas los puntos de cruce a partir de los cuales se evidencia el periodo en el cual se refleja las ventajas de las mejoras.

Para establecer la eficiencia sobre las variaciones con la utilización de las soluciones constructivas propuestas, se relacionan las emisiones de CO₂ eq -por su valor como modificador del ambiente- junto con los escenarios económicos, partiendo de la diferencia de las emisiones y costes económicos de los edificios antes y después de la rehabilitación. En las gráficas se muestra como resultado en diferentes periodos, el valor óptimo para cada uno de los edificios estudiados. Estos valores se extenderán a las demás construcciones del barrio de Montbau, para obtener unos valores de conjunto y establecer con ellos, cuáles serían las disminuciones de consumo del barrio, la reducción de las emisiones de CO₂ eq y el posible coste económico en los tres escenarios propuestos.

7.1

Introducción

La envolvente de los edificios analizados en este conjunto de Montbau, fue construida en una época determinada, sobre una serie de condiciones y condicionantes técnicas, constructivas, económicas y medioambientales, propias de ese momento específico. Las necesidades de habitabilidad y las condiciones ambientales legales, han variado con el transcurso de los años y como se ha visto en los capítulos anteriores, se hace necesaria una adecuación a las nuevas necesidades, tanto de confort, como de consumo energético y de emisión de gases producidos por el consumo de energía.¹

¹ Solanas, T; Calatayud, D; Claret, C. (2009).

España importa gran parte de la energía que utiliza. Tiene una dependencia energética externa del 76%. El balance energético de

2 Cuchí, A; Sweatman,P. (2013).

España es deficitario, así entonces, reducir los consumos mejorará el balance comercial total del país. A través de este estudio se podrá demostrar la reducción de energía y valorar el coste económico que representa la rehabilitación.²

En los anteriores capítulos, se ha establecido la demanda de calefacción con sus correspondientes necesidades energéticas, de emisiones de CO2 eq y económicas, con la envolvente actual (Ver capítulo 4), en el capítulo siguiente se valoró la incidencia de actuar sobre la envolvente de los diversos edificios tipo –A, EF, Q, UNI14- con diversos grosores de aislamiento de materiales establecidos -7, 10, 15, 40 cm- y modificando las carpinterías –madera o aluminio- con un cristal doble (Ver Capítulo 5). Posteriormente se valoró el coste de las mejoras de la envolvente y su actualización, con dos propuestas constructivas –T1 superpuesta y T2 ventilada- en función de los grosores establecidos con materiales adaptables a las construcciones existentes y exportables al conjunto de Montbau. Se establecieron pues, unos valores por metro cuadrado de coste económico de rehabilitación de estas envolventes, su gasto energético y de emisiones de CO2 eq que se producirían con la actualización de estos edificios (Ver Capítulo 6).

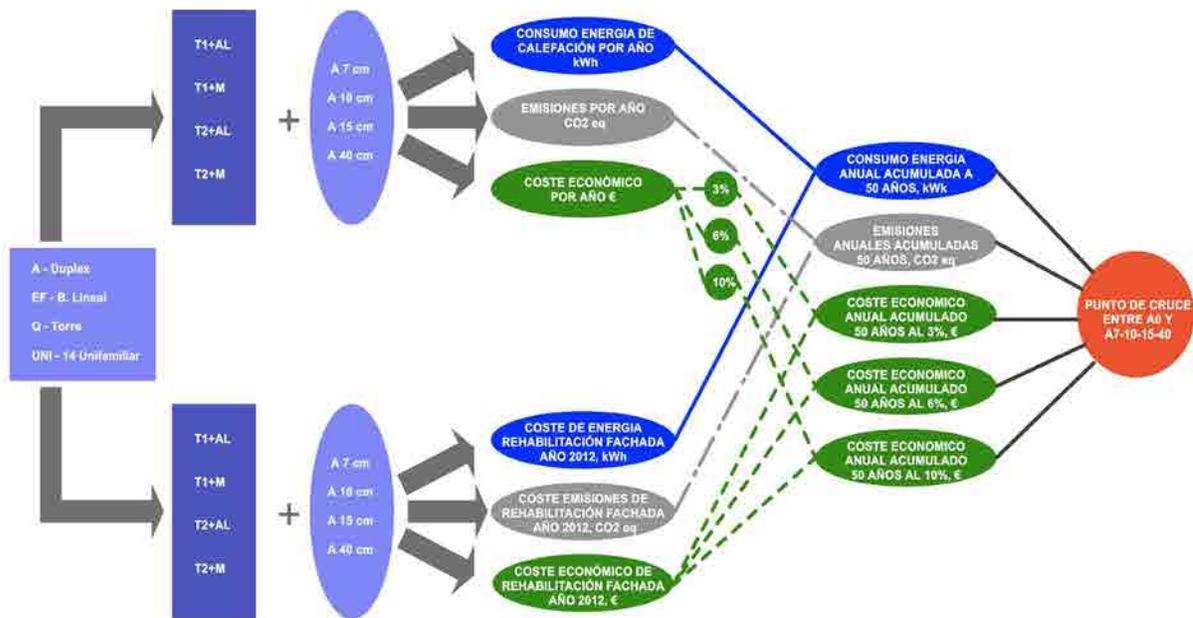


Figura 7.1. Esquema explicativo de la optimización - punto de equilibrio- en la rehabilitación de los edificios del barrio de Montbau.

En este capítulo, el análisis desarrollado permitirá estimar el punto de equilibrio –con las condiciones establecidas - energético, económico y de emisiones de CO2 eq, en función de la solución constructiva utilizada y el grosor del aislamiento, para establecer así, el lapso de tiempo requerido para conseguir su optimización (Ver Figura 7.1 Esquema explicativo de la optimización - punto de equilibrio en la rehabilitación de los edificios del barrio de Montbau).

Se establecerá un escenario de estudio para evidenciar el punto de equilibrio en cuanto a consumo de energía, emisiones y coste económico, frente a los mismos, en el transcurso del tiempo año tras año.

Para el estudio y análisis, se establecieron tres escenarios de incremento del coste de la energía, que permiten suponer un equilibrio entre inversión para la rehabilitación de la fachada y coste en su uso. Estos escenarios prevén un por ciento de incremento anual, que puede cambiar de manera drástica, sujeto a los costos variables de explotación y escasez de recursos no renovables (Ver 7.1 a 7.4 Documentos Complementarios). El precio de la energía puede variar por cuestiones de demanda, producción o de disponibilidad de reservas de combustibles fósiles, por esto se han establecido estos escenarios de sensibilidad. Es complejo establecer su evolución, ya que puede estar influenciado por múltiples factores como recesiones económicas –reducción de la demanda- impuestos, conflictos en los países productores, desastres naturales, descubrimiento de nuevas reservas, etc. Igualmente, existen grandes discrepancias respecto a las previsiones de agotamiento de los combustibles fósiles que, basadas en la teoría del Pico de Hubert, establecen un cenit de producción y una posterior caída de esta, asunto que repercutiría en el consumo y por lo tanto en las fluctuaciones de los precios.³

³ Al respecto ver: Oceas / Observatorio de la crisis energética y las alternativas de sociedad. El cenit del petróleo, un elemento fundamental en la crisis energética global http://off.cat/imagenes/dependencia/OCEAS%20%20cenit%20petroli%20_2_.pdf. Recuperado junio 2014.

Así entonces, estos costes pueden verse superados fácilmente en función del mercado de la energía, fuertemente influenciado por unos consumos en aumento y unas reservas difíciles de predecir. En el año 2012, se produjo un aumento anual de un 9%, en el 2013 de 3,58% y se preveía para finales del 2013, un posible incremento en el siguiente 2014, del 11%⁴. Para este análisis, se establecen tres escenarios de sensibilidad energética contemplando un incremento del coste de la energía de un 3%, 6% y un 10% anual.

⁴ Evolución del precio de la electricidad. http://elpais.com/elpais/2013/12/19/media/1387476779_218477.html. Recuperado junio 2014.

En el capítulo 4, se presentaron los consumos de energía de calefacción por año, en función de los diversos grosores establecidos. El punto de partida del análisis fue el año 2012, y el resto de valores – kWh, kg CO₂ eq, €, se establecieron para este mismo año. Se hizo el análisis para los cuatro edificios tipo seleccionados –A, EF, Q, UNI14- contemplando un período de tiempo extendido a 50 años. Este periodo de tiempo permite ver aquello que sucede en ese lapso, pues los edificios tienen periodos de vida y amortización elevados.

Para desarrollar la investigación en este apartado, se realizaron hojas de cálculo en las que se introdujeron los coste de rehabilitación – energéticos kWh, emisiones de CO₂ eq y económicos €, producidos

en el año 2012- (Ver capítulo 6) de las soluciones constructivas tipo –T1 superpuesta y T2 ventilada- con los diversos grosores de aislamiento -7, 10, 15, 40 cm- y los dos tipos de carpintería –aluminio y madera-. De esta última, se incluyó el costo de mantenimiento con las variantes anteriores, en períodos de cuatro años.

En este capítulo, los análisis estarán enfocados a estimar el periodo de tiempo en el cual se equilibra la inversión realizada –consumo, emisiones e inversión económica-, con la utilización diaria del edificio sin intervención y rehabilitado con las cuatro tipologías constructivas analizadas. Es importante resaltar que intervenir en edificios, conlleva unos beneficios que sobrepasan los meramente individuales. El cambio climático es un hecho y hasta los gobiernos más reacios están aceptando que deben tomar medidas para asegurar el futuro de las nuevas generaciones⁵. Las reducciones en el consumo de energía hacen que el país sea más independiente energéticamente y no dependa de recursos externos. Por otro lado, reducir las emisiones de efecto invernadero –cuyos efectos son cada vez más drásticos- contribuye al cuidado del equilibrio del planeta. El Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) de las Naciones Unidas asegura que es necesario reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un 70% para contener el cambio climático⁶. Actualmente, el índice de sobrecalentamiento global ha derivado en cambios atmosféricos y el incremento de huracanes, tornados, lluvias torrenciales, sequías⁷, aumento del nivel del mar que afectan de manera severa a la población⁸.

Así mismo, con este análisis se pretende demostrar que con la rehabilitación energética, se puede incentivar la industria de la construcción y reactivar el crecimiento económico sostenible. Así entonces, transformar los edificios y que sean energéticamente eficientes consolidará la prosperidad del país a largo plazo⁹.

Mejorar el comportamiento energético de emisiones y económico fomentará la cohesión y la responsabilidad compartida entre los diversos países europeos, ya que muchos están trabajando en esa dirección. Las viviendas existentes son uno de los mayores consumidores de energía y de emisiones de CO₂ eq. Por lo tanto, las actuaciones sobre el parque existente –como se plantea en este estudio- definirá el comportamiento energético del sector de la vivienda las próximas décadas¹⁰.

5 EEUU prueba a sus ciudadanos que el calentamiento es real. El País, Madrid, España. 7 de mayo de 2014. http://sociedad.elpais.com/sociedad/2014/05/22/actualidad/1400771922_130152.html. Recuperado julio de 2014.

6 El calentamiento global ha desplazado a 144 millones de personas en cinco años. El País, Madrid, España. 22 de mayo de 2014. http://sociedad.elpais.com/sociedad/2014/05/06/actualidad/1399410308_743685.html. Recuperado julio de 2014.

7 El calentamiento global ha desplazado a 144 millones de personas en cinco años. El País, Madrid, España. 22 de mayo de 2014. http://sociedad.elpais.com/sociedad/2014/05/06/actualidad/1399410308_743685.html. Recuperado julio de 2014.

8 La tierra, cambios profundos en 2050. El País, Madrid, España. 20 de mayo de 2014. http://sociedad.elpais.com/sociedad/2014/05/20/actualidad/1400604766_206368.html. Recuperado julio de 2011.

9 Cuchi, A; Sweatman, P. (2013).

10 Meijer, F, Murphy, L. (2011).

7.2

Optimización punto de equilibrio del Bloque A, según el consumo de energía, las emisiones de CO₂ eq y coste económico (prospectivas de variación de precio de la energía).

Este estudio establecerá tres escenarios; en primera instancia, el consumo de energía, posteriormente las emisiones de CO₂ eq y finalmente los tres escenarios de coste económico (Ver Figura 7.1 Esquema explicativo de la optimización - punto de equilibrio en la rehabilitación de los edificios del barrio de Montbau).

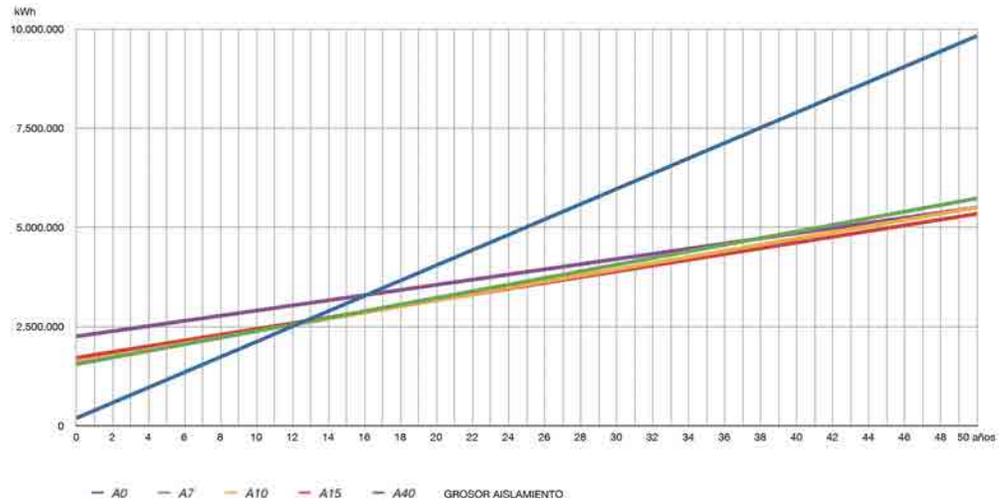
Punto de equilibrio consumo de energía kWh, Bloque A

El punto de partida se establecerá a partir de dos variables; el coste de rehabilitación de la envolvente en kWh, CO₂ eq, €, producidos en un momento determinado –año de rehabilitación 2012- y las necesidades de calefacción por año – kWh, CO₂ eq, €-, en función de la propuesta constructiva y el grado de aislamiento propuesto, comparado con las necesidades del edificio antes de la rehabilitación.

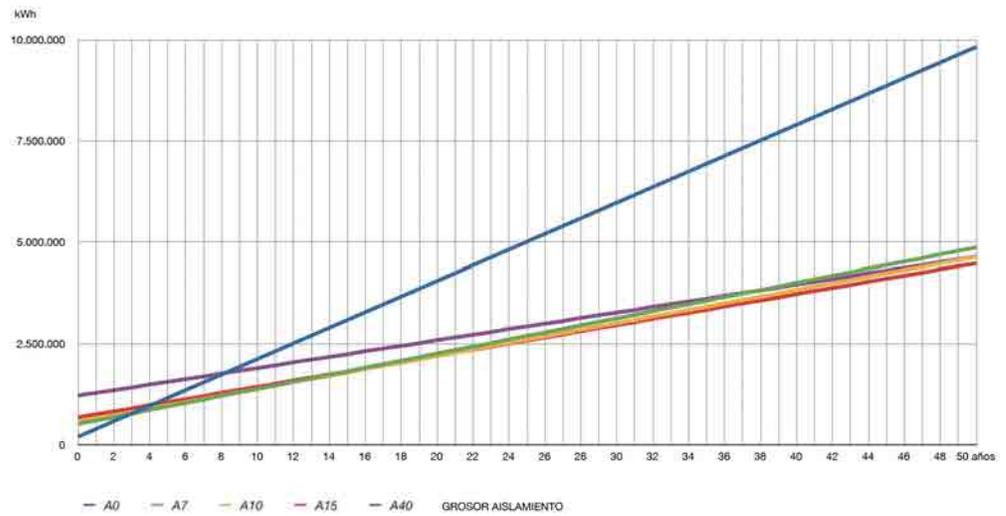
A partir de estas premisas, se llegará a un punto de equilibrio entre la inversión y consumo anual, a partir del cual se evidencia un periodo en el que el beneficio obtenido será superior a la inversión realizada en el proceso de rehabilitación. Este cruce, resultado de las sumatorias anuales acumuladas, determinará la opción óptima sobre las premisas establecidas como punto de partida. (Ver documentos complementarios 7.1; Bloque A optimización punto de equilibrio en la rehabilitación de la piel del edificio, año 2012).

Las gráficas representarán la cuantificación anual acumulada de kWh, kg CO₂ eq (eje de ordenadas), sobre el tiempo de 50 años (abscisas). Serán funciones lineales crecientes, desplazadas inicialmente por la demanda de materiales de rehabilitación utilizados. Los valores de mantener la envolvente actual, estarán representados por el valor "A0" y los demás – A7, A10, A15, A40-, simbolizan los diversos grosores de aislamiento propuestos.

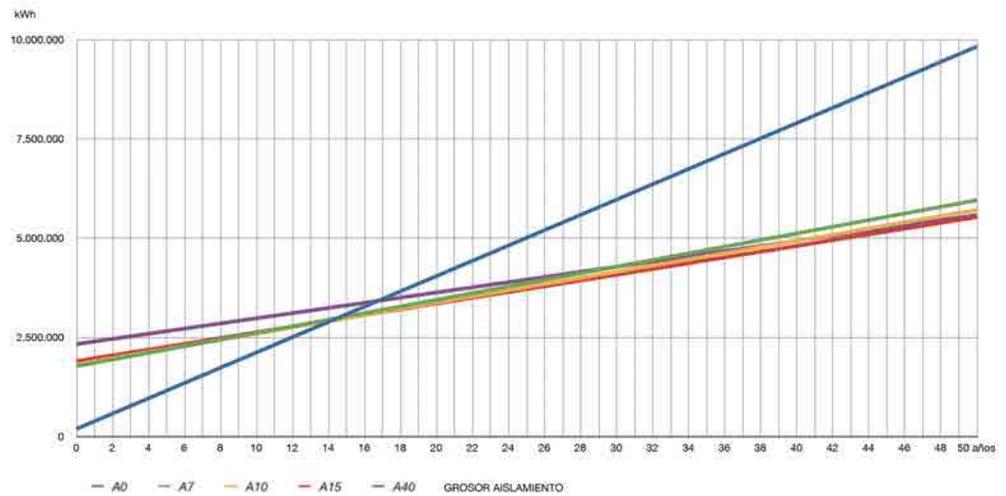
Así mismo, para el edificio A -viviendas tipo dúplex-, como resultados de esta investigación se realizarán cuatro gráficas de consumo de energía kWh y cuatro de emisiones de CO₂ eq, los que reflejarán los valores con la utilización en la rehabilitación de las soluciones constructivas -tipo 1 superpuesta y 2 ventilada-, con las carpinterías y con los cuatro grosores de aislamiento propuestos. Estos conjuntos, establecerán las diferentes opciones de envolvente del edificio a rehabilitar. (Ver gráficas 7.1 a 7.4 de punto de equilibrio kWh).



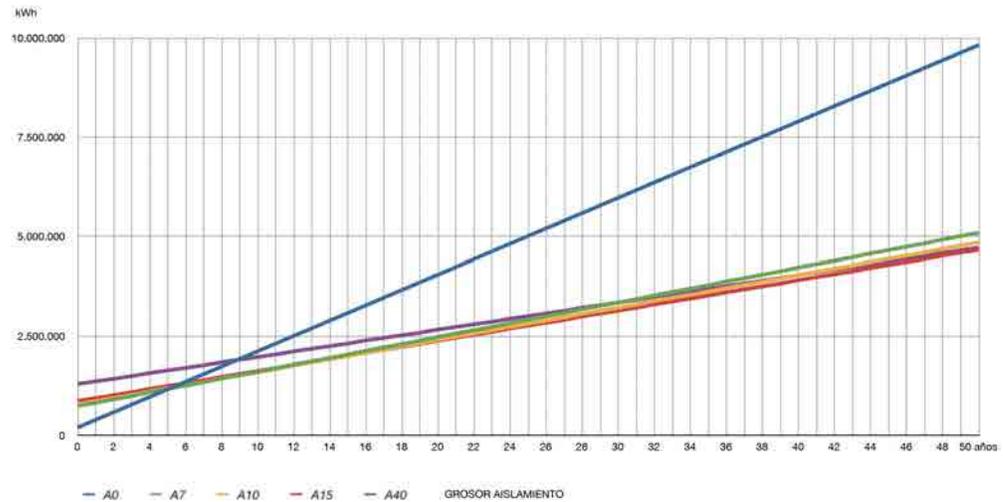
Gráfica 7.1. Bloque A- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 1 superpuerta y carpintería de aluminio kWh.



Gráfica 7.2. Bloque A- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 1 superpuerta y carpintería de madera kWh.



Gráfica 7.3. Bloque A- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 2 ventilada y carpintería de aluminio kWh.



Gráfica 7.4. Bloque A- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 2 ventilada y carpintería de madera kWh.

A partir del análisis de las gráficas, se pueden comprobar las consecuencias a lo largo del tiempo de la renovación de la envolvente con las soluciones constructivas propuestas y considerar la más adecuada frente a costes, consumo de energía y emisiones de CO₂ eq.

Así mismo, el análisis de los resultados consignados en estas, permitirá leer un punto de cruce, donde se evidencian las ventajas o desventajas de las soluciones propuestas. Se evidencia pues, las ventajas de la solución constructiva T1 superpuesta con carpintería de madera (Ver gráfica 7.2 y 7.4), seguido de la propuesta constructiva T2 con la misma carpintería. En la primera gráfica se muestra, - utilizando los grosores de aislante de 7, 10 y 15 cm.-, un equilibrio del coste de inversión y el consumo anual, entre los 3 y 5 años. En el caso de la propuesta constructiva T2 ventilada con carpintería de madera, la gráfica evidencia el punto de equilibrio en el año 6.

Las carpinterías de aluminio, requieren para su fabricación un coste energético alto, pero requiere apenas un mínimo de mantenimiento a lo largo de los años. Por su parte, la carpintería en madera, acarrea costos menores en cuanto a producción, pero requerirá una inversión para su mantenimiento a lo largo de los años. El coste energético de utilizar el aluminio frente a la madera evidencia un equilibrio mayor en el tiempo, con optimización entre los 14 y los 17 años.

Las gráficas 7.2 y 7.4, muestran que la rehabilitación del edificio, producirá resultados equilibrados energéticamente, en el transcurso de 20 a 25 años, con la utilización de los grosores de 7,10 y 15 cm, sobre unos valores energéticos semejantes.

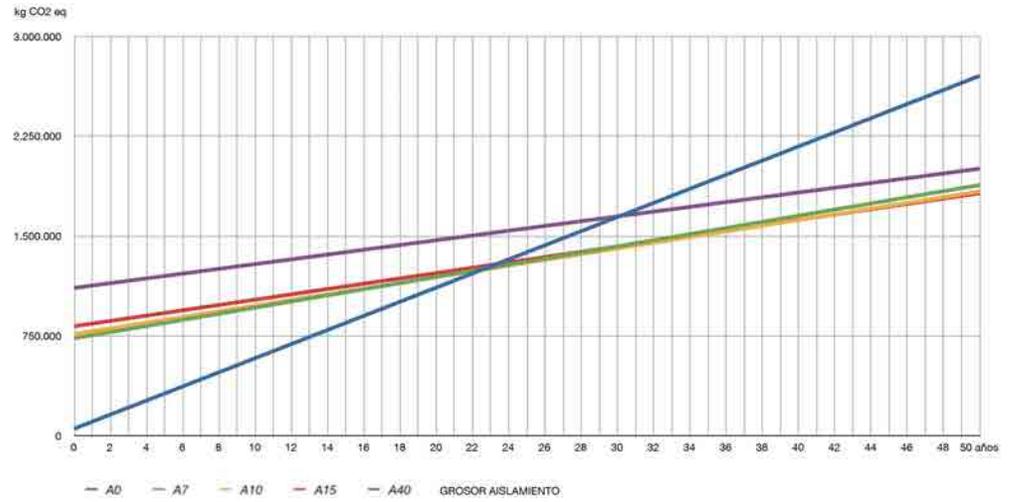
El grosor de 15 cm, va equilibrando los resultados, mejorando su rendimiento con el paso del tiempo. Al revisar los valores de consumo (Ver cuadro 7.1 Documentos complementarios), se constata que el grosor de 40 cm, se equilibraría con el resto, aproximadamente al cabo de 40 años de realizarse la mejora.

Al revisar los datos numéricos (Ver documentos complementarios 7.1 Bloque A optimización punto de equilibrio en la rehabilitación de la piel del edificio, año 2012) y analizar la evolución de los resultados a 25 y 50 años, en el caso de utilizar las soluciones constructivas T1 superpuesta y T2 ventilada con carpintería de madera, se hace evidente una reducción del consumo de aproximadamente el 50% en el año 25 – se pasa de un consumo acumulado de 5.000.000 kWh a un intervalo en función de la solución y el grosor de aislamiento, entre 2.577.891- para la solución constructiva T1 superpuesta, con 15 cm de aislamiento, a 2.913.235 kWh, en el caso más desfavorable, la solución constructiva T2 ventilada con 7 cm de aislamiento. En el año 50, se mantiene la misma proporción del 50%; se pasa de tener un consumo acumulado sin actuar en la envolvente de 9.826.210 kWh, al más favorable -la solución constructiva T2 ventilada con 15 cm de espesor-, para obtener 4.665.521 kWh, tras la rehabilitación de la envolvente.

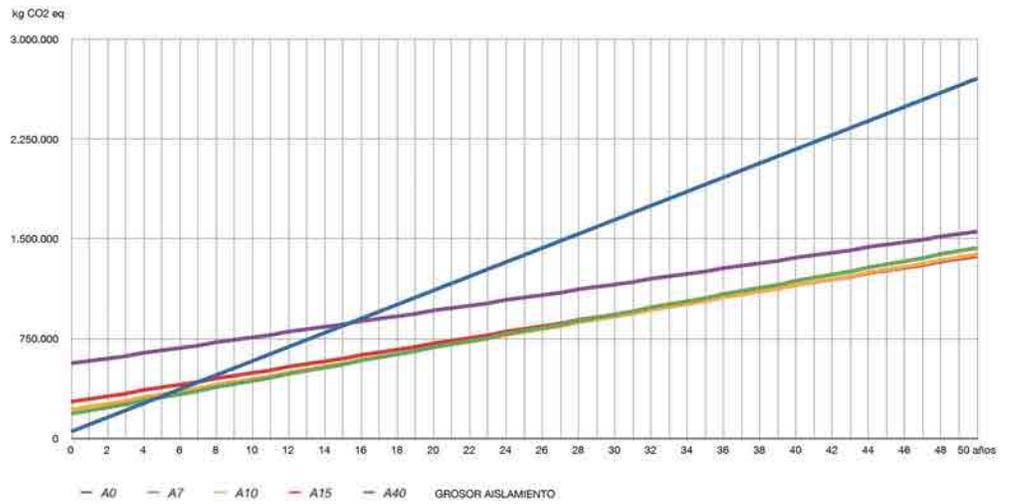
Las gráficas del estudio finalmente permiten constatar que la rehabilitación de la envolvente produciría una reducción en el consumo de energía y que el equilibrio entre la inversión inicial y consumo anual, se producirá entre los 3 y 6 años -en el caso de los tipos T1 superpuesta y T2 ventilada, con carpinterías de madera-. Las opciones con carpinterías de aluminio, se equilibrarían entre los 14 y los 17 años.

Punto de equilibrio emisiones de CO2 eq, Bloque A

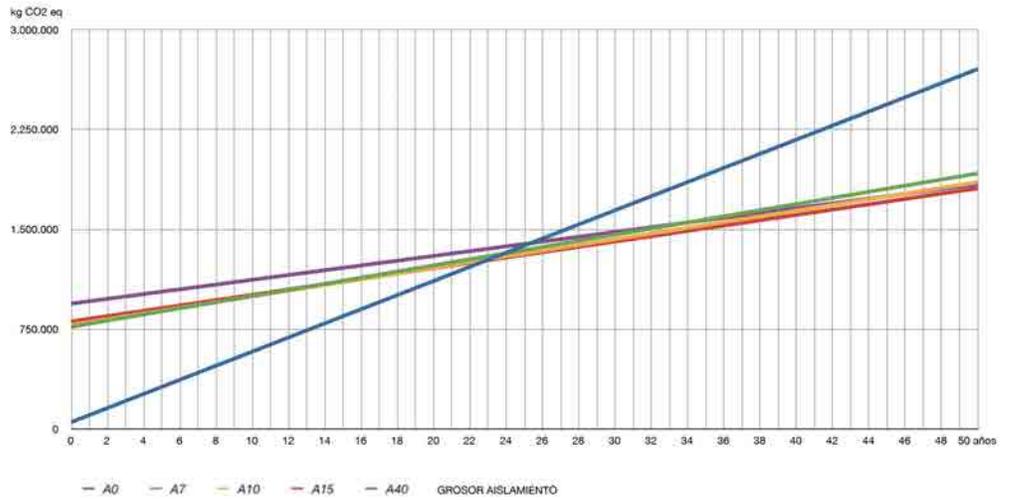
El análisis de las gráficas de emisiones de CO2 eq y las tablas globales en los documentos complementarios (Ver gráficas 7.5 a 7.8 y documentos complementarios 7.1 Bloque A optimización punto de equilibrio), plantean un escenario parecido al del consumo de energía.



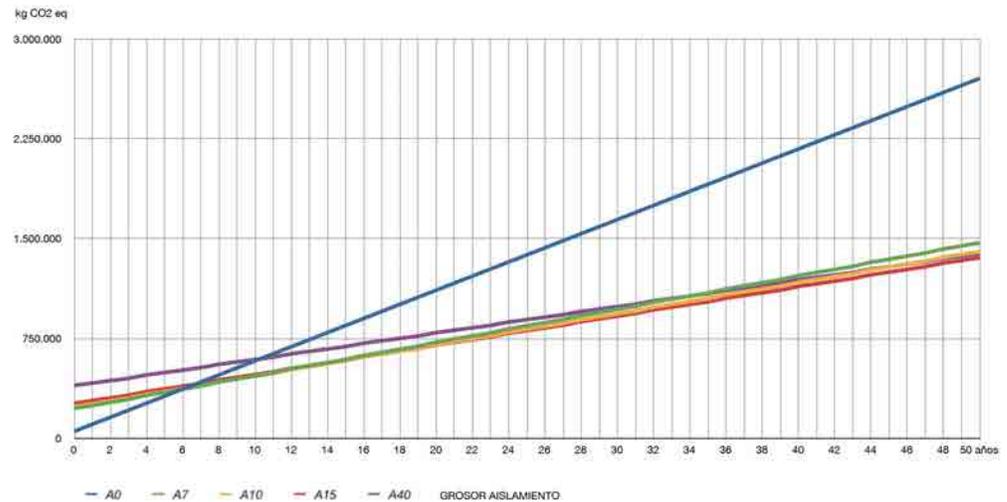
Gráfica 7.5. Bloque A- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 1 superpuerta y carpintería de aluminio Kg CO₂ eq.



Gráfica 7.6. Bloque A- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 1 superpuerta y carpintería de madera Kg CO₂ eq.



Gráfica 7.7. Bloque A- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 2 ventilada y carpintería de aluminio Kg CO₂ eq.



Gráfica 7.8. Bloque A- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 2 ventilada y carpintería de madera Kg CO2 eq.

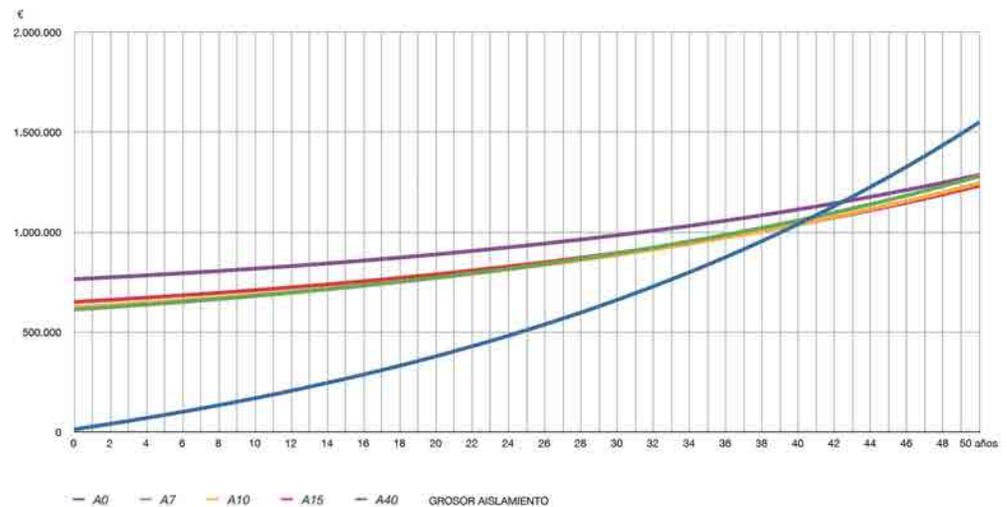
El equilibrio en las emisiones de gases, utilizando las propuestas constructivas T1 superpuesta y T2 ventilada con carpinterías de madera y grosores de aislamiento entre los 7 y los 15 cm, se manifiesta entre los 6 y 8 años. Con un grosor de 40 cm, el equilibrio se evidenciará entre los 11 y 16 años. Utilizando las soluciones constructivas T1 superpuesta y T2 ventilada con carpintería de aluminio, el equilibrio en las emisiones de gases se muestra entre los 23 y 31 años, en función del grosor del aislamiento utilizado. Es importante anotar que la carpintería en aluminio, lleva a que las propuestas tengan un punto de partida sobre emisiones elevadas, pues la fabricación de este material acarrea altos costes energéticos y de emisiones. La utilización de aluminio reciclado, favorecería la reducción de estos valores. En cuanto a la utilización de carpintería en madera por ser un material natural y renovable, propone unos valores menores y más equilibrados.

Al hacer el análisis sobre los 25 y 50 años, en el año 25, se puede constatar una reducción de las emisiones de CO2 eq a la atmósfera, de un 40% - se pasa de 1.378.858 Kg CO2 eq sin rehabilitar a 810.676 Kg CO2 eq, utilizando para su rehabilitación la solución constructiva T2 ventilada, con carpintería de madera y 15 cm de aislamiento. En el año 50, se pasa de 2.704.683 Kg CO2 eq sin rehabilitar, a 1.357.311 Kg CO2 eq- utilizando la solución constructiva T2 con carpintería en madera y 15 cm de aislamiento-, asunto que significa, una reducción de emisiones a la atmósfera de 1.347.372 Kg CO2 eq, que representaría entonces una reducción del 49,8% de emisiones de CO2 a la atmósfera.

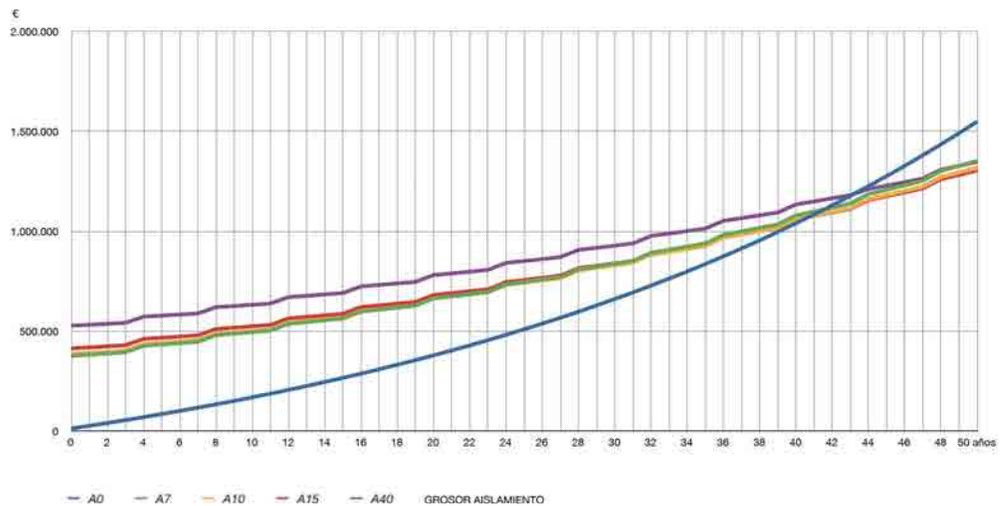
Punto de equilibrio coste económico energético; escenarios 1, 2 y 3, Bloque A

Se establecerán tres escenarios hipotéticos de incremento del coste de la energía. Se supone un incremento anual constante, para hacer el comparativo entre los tres escenarios, teniendo en cuenta la variación real diferente cada año, en función de múltiples factores, como la producción, la demanda, conflictos sociopolíticos, etc. En todos los casos estudiados, se parte de un valor de inversión inicial en función de la utilización de los tipos constructivos y carpinterías con la variación de grosores de aislamiento.

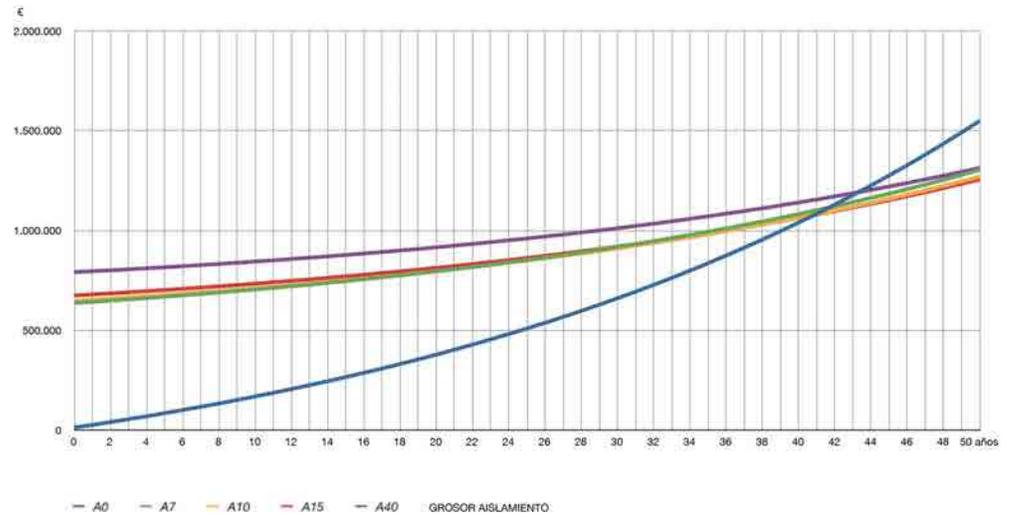
Se suponen tres valores de un incremento de la energía partiendo de un 3% anual -suposición muy generosa sobre las perspectivas inciertas que se han comentado- para continuar con el cálculo sobre el incremento del 6 y 10%.



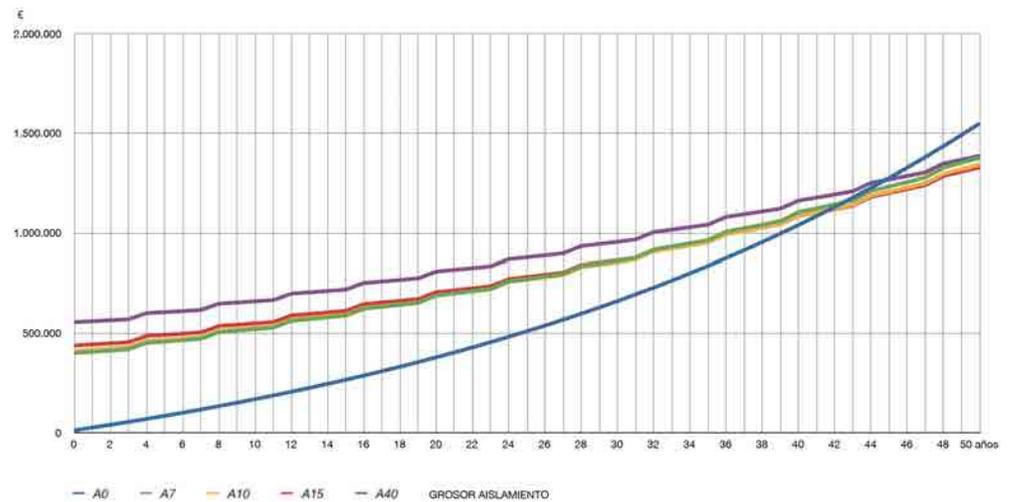
Gráfica 7.9. Bloque A- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 1 superpuerta y carpintería de aluminio, incremento del precio de la energía con un 3% anual.



Gráfica 7.10. Bloque A- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 1 superpuerta y carpintería de madera, incremento del precio de la energía con un 3% anual.



Gráfica 7.11. Bloque A- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 2 ventilada y carpintería de aluminio, incremento del precio de la energía con un 3% anual.



Gráfica 7.12. Bloque A- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 2 ventilada y carpintería de madera, incremento del precio de la energía con un 3% anual.

Inicialmente en el caso del Bloque A, en el escenario 1, sobre un supuesto de incremento anual de un 3%, el punto de equilibrio tras realizar la rehabilitación, se muestra entre los 40 y 45 años (Ver cuadro 7.1 Documentos complementarios), utilizando cualquiera de los dos tipos de solución constructiva, carpintería o grosor (Ver gráficas 7.9 a 7.12). Entre los años 40 y 42, se muestra un punto óptimo para cualquiera de las soluciones constructivas propuestas, con las dos carpinterías y con grosores de 7, 10 y 15 cm. La inversión inicial de las soluciones constructivas T1 superpuesta y T2 ventilada con carpintería de aluminio, son superiores a las otras, pero se ven equilibradas con el paso del tiempo, debido al mantenimiento de las carpinterías de madera.

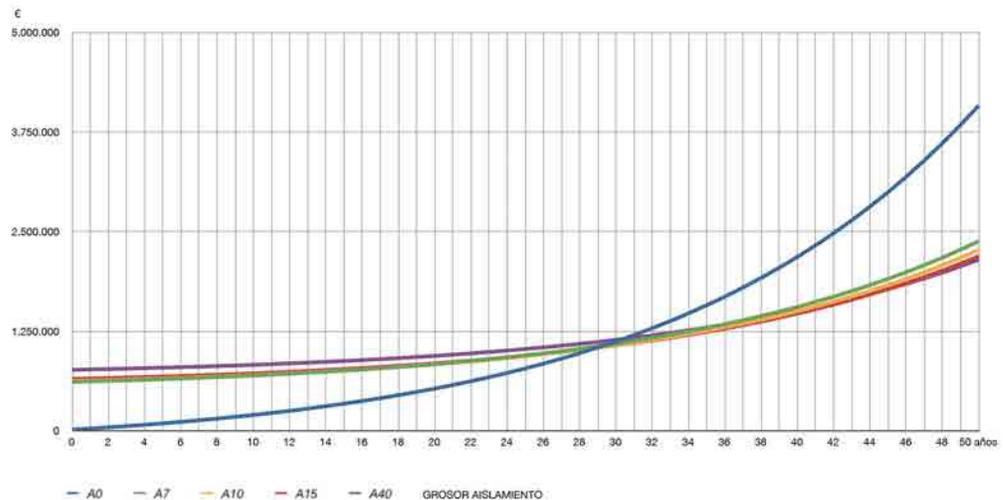
El coste inicial de la carpintería de aluminio es superior, pero se equilibrará a lo largo de los años con el de la carpintería en madera, debido al incremento que acarrea el mantenimiento del material natural.

En el año 25, sobre el supuesto de un incremento del 3%, el coste acumulado de calefacción sería de aproximadamente 509.825 € y la mejor opción –utilizando la solución T1 superpuesta, con carpintería en madera y 10 cm de aislamiento, se tendría un coste acumulado de 742.881 €. En el año 50, el consumo acumulado de calefacción del edificio sin rehabilitar, sería 1.549.599 €, y las mejores opciones serían la rehabilitación con carpintería de aluminio -propuesta T1 superpuesta y 15 cm de aislamiento- con un valor de 1.231.433 €, lo que representaría una reducción de un 20,5% de dinero.

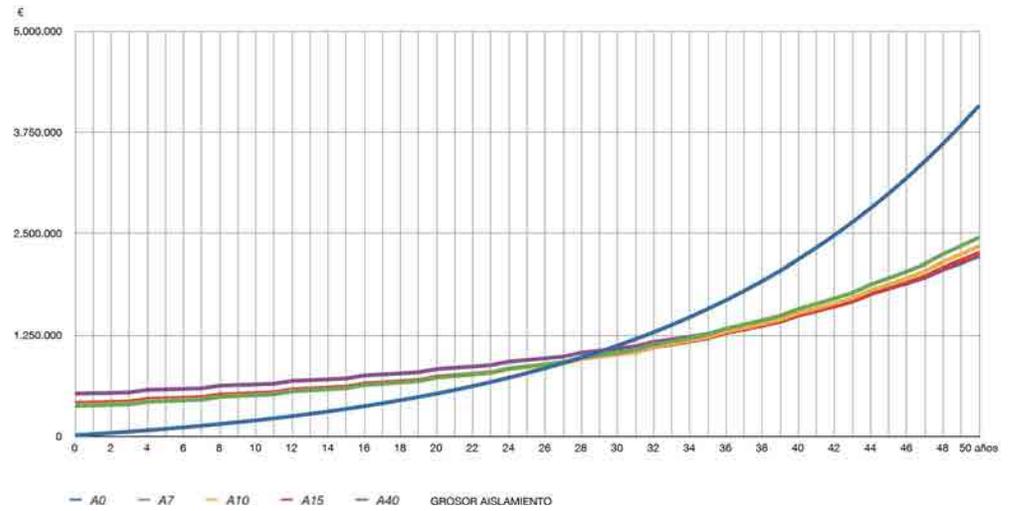
Las gráficas evidencian para las dos soluciones constructivas, con las dos carpinterías propuestas y los diferentes grosores, unos costes acumulados siempre superiores a los costes de la posible rehabilitación. Finalmente entre los 40 y 50 años, se evidenciará el beneficio económico respecto de la inversión realizada.

Incremento del 6% anual de costes energético, escenario 2

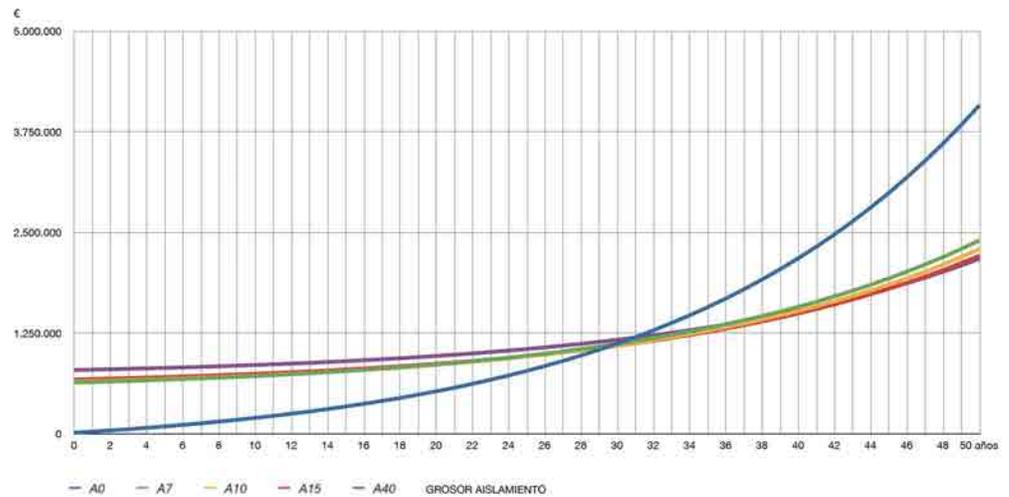
En el escenario 2, tomando el supuesto del incremento del 6% anual, el equilibrio entre inversión y consumo se logrará entre los 27 y 30 años (Ver gráficas 7.13 a 7.16 y datos numéricos en documentos complementarios 7.1 Bloque A optimización punto de equilibrio).



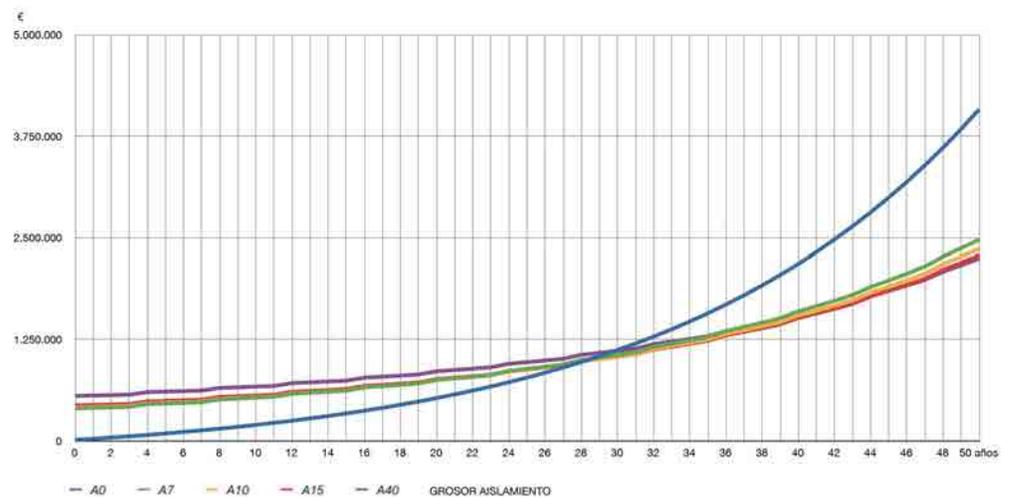
Gráfica 7.13. Bloque A- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 1 superpuesta y carpintería de aluminio, incremento del precio de la energía con un 6% anual.



Gráfica 7.14. Bloque A- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 1 superpuesta y áarpintería de madera, incremento del precio de la energía con un 6% anual.



Gráfica 7.15. Bloque A- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 2 ventilada y carpintería de aluminio, incremento del precio de la energía con un 6% anual.

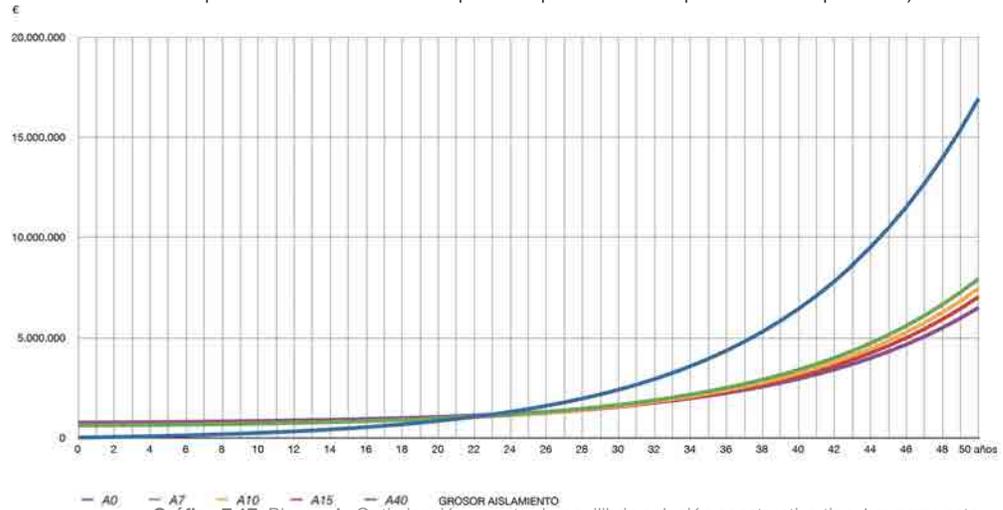


Gráfica 7.16. Bloque A- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 2 ventilada y carpintería de madera, incremento del precio de la energía con un 6% anual.

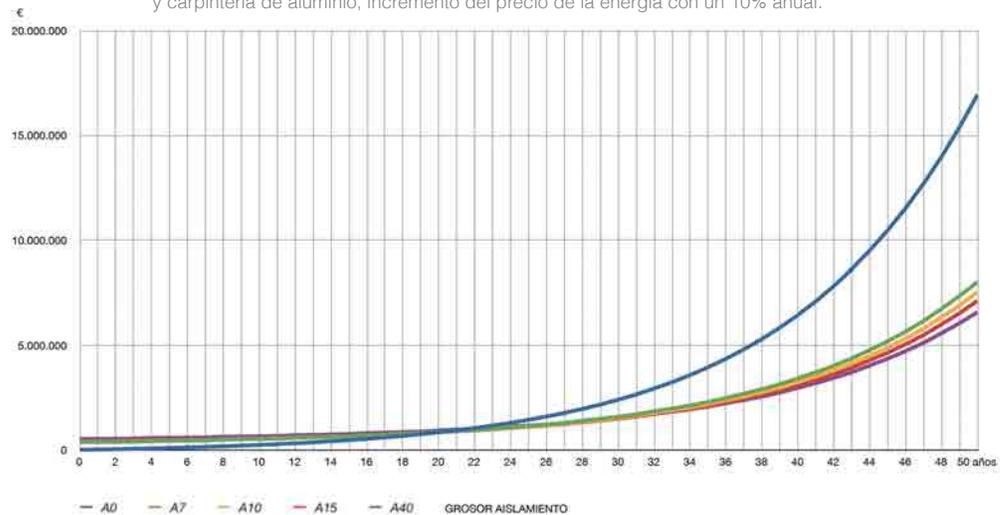
Los costes acumulados se equilibrarán todos con unos valores económicos similares, con pocas diferencias, entre los diversos grosores de aislamiento estándar. Las cuatro gráficas muestran resultados parecidos entre ellos a 50 años. El grosor ideal sería el de 40 cm en este año y en los años anteriores, los ideales serían los de 7, 10 y 15 cm, cuyos resultados se igualarán en el año 30 (Ver documentos complementarios 7.1 Bloque A optimización punto de equilibrio).

Incremento del 10% anual de costes energético, escenario 3

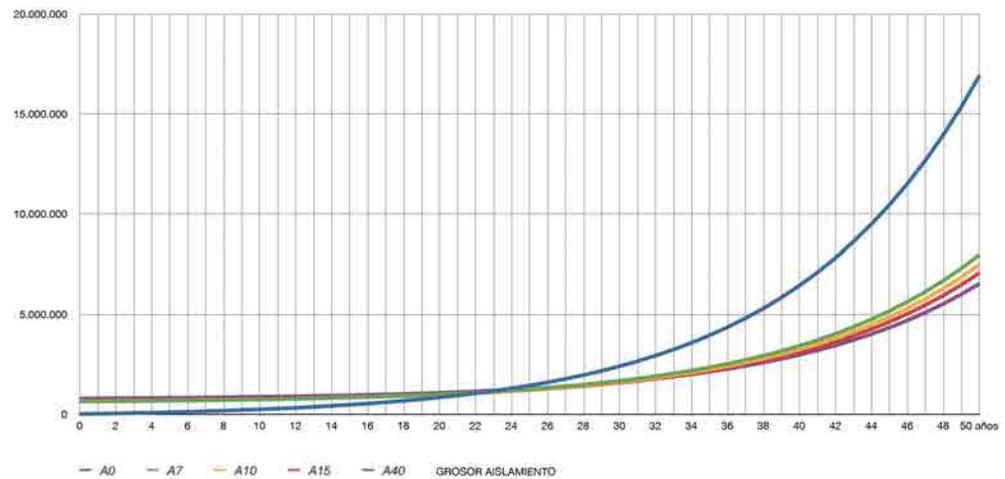
El último escenario se propone tomando como base un incremento del precio de la energía anual, de un 10%. Sobre este, se evidencia entre los años 21 a 24, un equilibrio económico entre el coste acumulado, el coste de inversión de rehabilitación del edificio y el coste de la energía acumulada (Ver gráficas 7.17 a 7.20 y datos numéricos en documentos complementarios 7.1 Bloque A optimización punto de equilibrio).



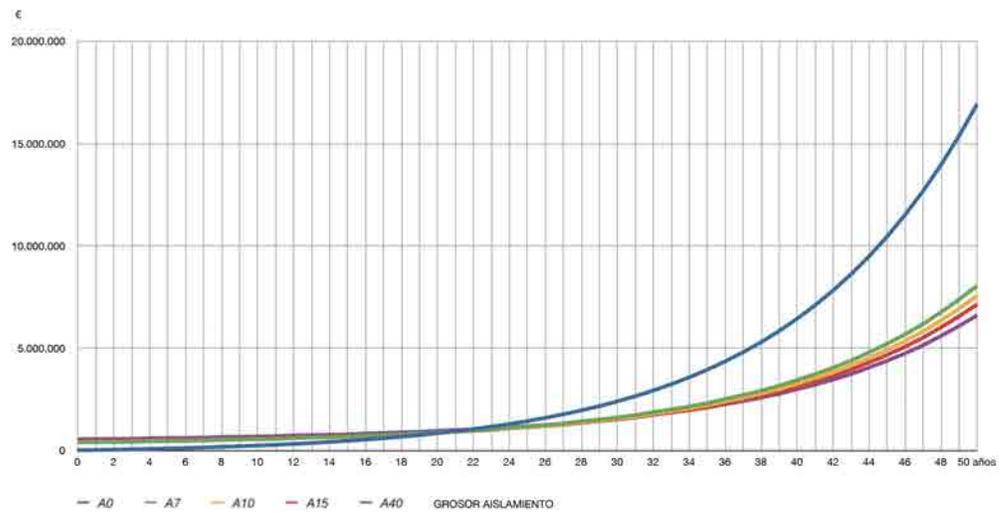
Gráfica 7.17. Bloque A- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 1 superpuesta y carpintería de aluminio, incremento del precio de la energía con un 10% anual.



Gráfica 7.18. Bloque A- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 1 superpuesta y carpintería de madera, incremento del precio de la energía con un 10% anual.



Gráfica 7.19. Bloque A- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 2 ventilada y carpintería de aluminio, incremento del precio de la energía con un 10% anual.



Gráfica 7.20. Bloque A- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 2 ventilada y carpintería de madera, incremento del precio de la energía con un 10% anual.

Los resultados serán similares, tanto para los tipos constructivos propuestos, con sus respectivas carpinterías, como para los grosores de aislamiento. Los resultados evidencian que a largo plazo -50 años- en cuanto a costes económicos y sobre el incremento anual del coste de energía de un 10%, la mejor opción, sería rehabilitar con un grosor de 40 cm, asunto que a la larga, reduciría en mayor medida los costes económicos acumulados.

Al hacer el análisis sobre los 25 y 50 años, sobre el año 25, se puede constatar que se pasa de un coste acumulado de 1.443.820 € sin rehabilitación, a un coste acumulado de 1.109.945 € utilizando la propuesta constructiva T1 superpuesta con madera y un grosor de aislamiento de 15 cm, lo que representa una reducción de un 23% en el

coste de la calefacción. En el año 50, el coste de no rehabilitar llegaría a 16.943.903 €, y la mejor opción para la reforma, sería T1 superpuesta con carpintería aluminio con un grosor de 40 cm de aislamiento y un valor acumulado de consumo de 6.516.816 €, lo que representa una reducción de un 61,5% en la factura de la energía. La opción menos favorable, sería la T2 ventilada con carpintería de madera y aislamiento de 7 cm, que representaría un 52,45% de reducción de consumo. A largo plazo el mantenimiento de las carpinterías afectará al resultado global final, pero en todos los casos las reducciones sobrepasarían el 50% del coste acumulado.

7.3

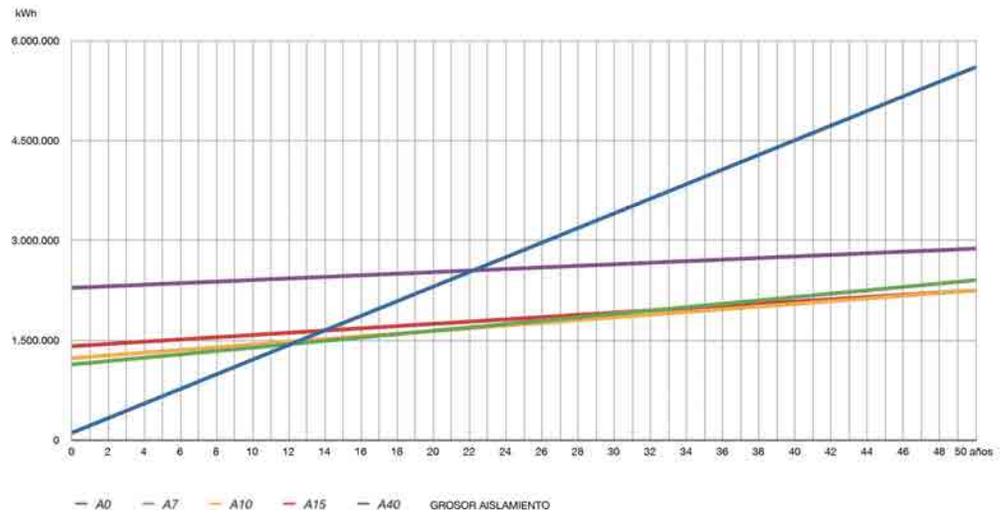
Optimización punto de equilibrio del Bloque EF, según el consumo de energía, las emisiones de CO₂ eq y coste económico (Prospectivas de variación de precio de la energía).

El Bloque EF es un edificio de planta baja y tres plantas en el que se ha realizado los mismos análisis que en el edificio A –viviendas tipo dúplex-. En este también se analizarán el consumo de energía, las emisiones de CO₂ eq y los tres escenarios económicos.

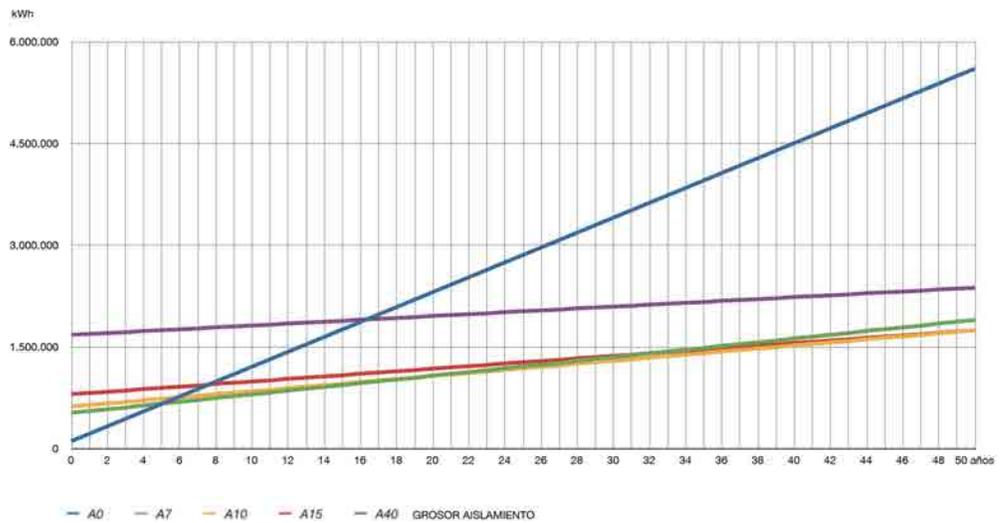
Punto de equilibrio consumo de energía kWh, Bloque EF

Las gráficas representan la cuantificación anual acumulada de energía kWh (eje de ordenadas), frente al tiempo 50 años (abscisas). Serán funciones lineales crecientes desplazadas al inicio por la demanda energética de rehabilitación de la fabricación de los materiales y su puesta en obra. El valor A0 representa el mantenimiento de la envolvente actual y los demás –A7, A10, A15, A40-, representan los diversos grosores de aislamiento propuestos, en sus correspondientes soluciones constructivas.

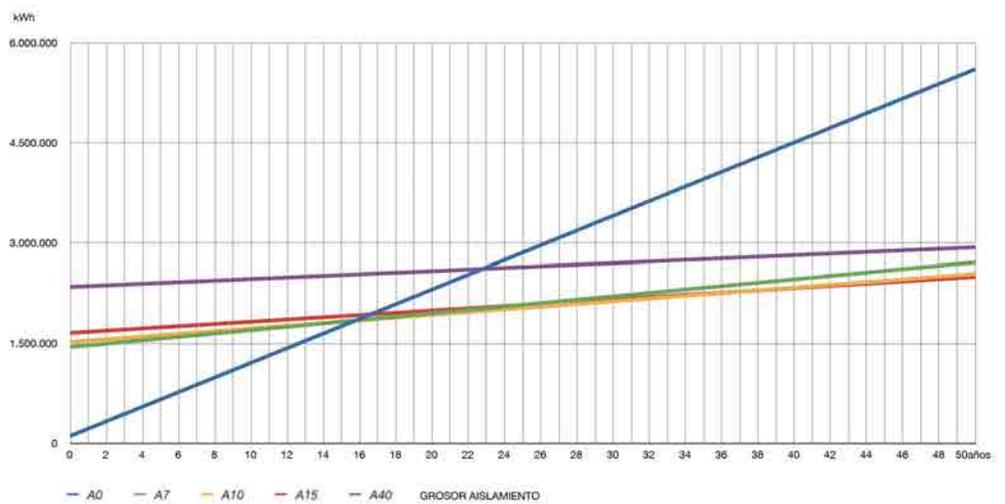
Las gráficas de consumo de energía evidencian (ver gráficas 7.21 a 7.24 de punto de equilibrio en kWh) que el punto de cruce u optimización se produce entre el año 6 y 8 para la solución constructiva T1 superpuesta y madera con los grosores de 7, 10 y 15 cm, y con el grosor de 40 cm, se optimiza en el año 17. Para la solución constructiva T2 ventilada y madera, con los tres mismos grosores, se produce entre los años 9 a 11 y con el grosor de 40 cm en el año 17. En el caso de la utilización de las soluciones T1 superpuesta y T2 ventilada con carpintería de aluminio, la optimización se refleja entre los años 13 a 17, para los grosores de 7 a 15 y se optimiza en el año 23 con un grosor de 40 cm. (Ver documentos complementarios 7.2; Bloque EF optimización punto de equilibrio en la rehabilitación de la piel del edificio, año 2012).



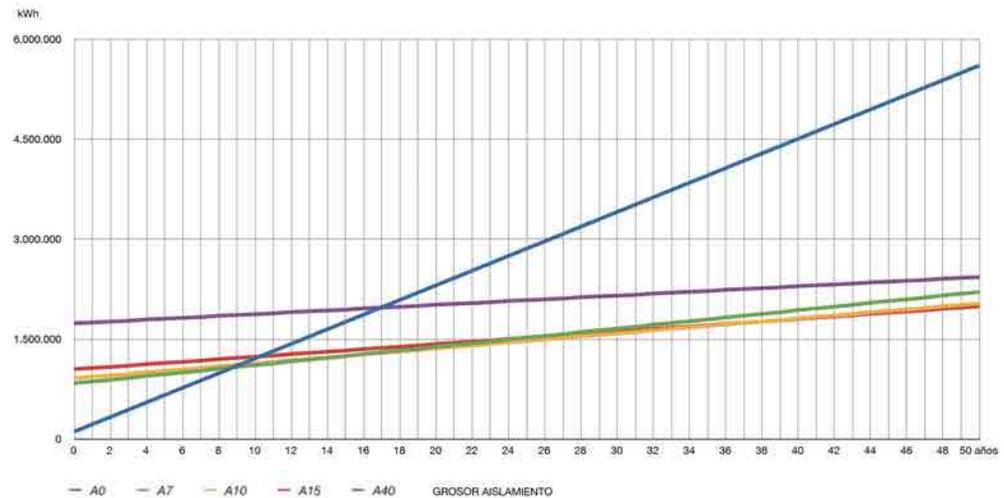
Gráfica 7.21. Bloque EF- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 1 superpuesta y carpintería de aluminio kWh.



Gráfica 7.22. Bloque EF- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 1 superpuesta y carpintería de madera kWh.



Gráfica 7.23. Bloque EF- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 2 ventilada y carpintería de aluminio kWh.



Gráfica 7.24. Bloque EF- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 2 ventilada y carpintería de madera kWh.

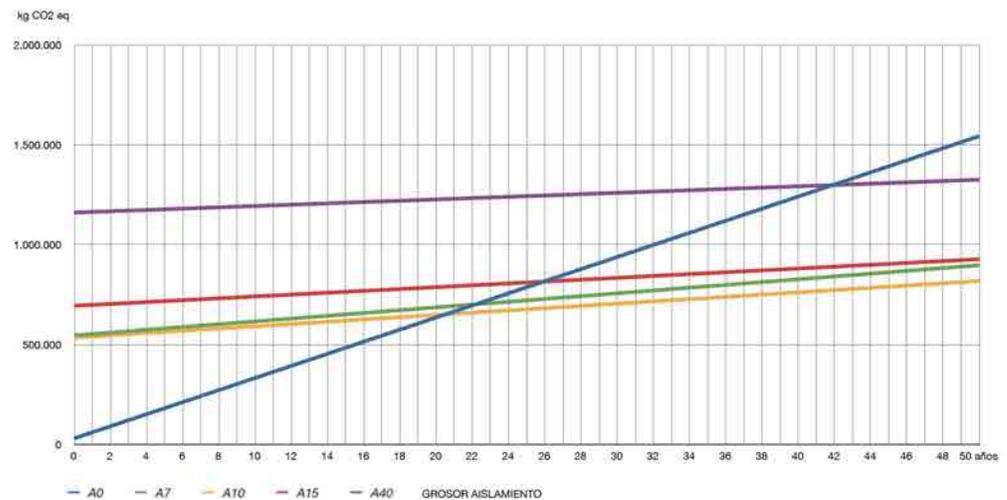
Al revisar los datos numéricos (Ver documentos complementarios 7.2; Bloque EF optimización punto de equilibrio en la rehabilitación de la piel del edificio, año 2012) y analizar la evolución de los resultados en dos periodos -25 y 50 años-, la opción más favorable es la T1 superpuesta con carpintería de madera y grosor de 10 cm, que representa una reducción de 1.672.919 kWh, que acusa una reducción de 58,5% del consumo, antes de la rehabilitación. Para las otras soluciones constructivas coincide con el mismo grosor; en el año 50 la solución constructiva T1 superpuesta y carpintería de madera con dos grosores casi idénticos de aislamiento de 10 y 15 cm, representan una reducción de 3.861.121 kWh, es decir un ahorro del 68,87%. En todas las propuestas constructivas con los dos tipos de carpintería, se evidencia que los grosores óptimos coinciden con los grosores 10 y 15 cm. La utilización de recubrimiento con grosores de 7 y 40 cm, tendrán un consumo de energía acumulado superior entre estos mismos años.

Las gráficas (Ver gráficas 7.21 a 7.24) evidencian que en el año 25, se tiene una reducción de consumo de alrededor del 50% para las soluciones T1 superpuesta y T2 ventilada, con carpintería de madera con grosores entre 7 y 15 cm y carpintería de aluminio, la reducción sería del 28%. A los 50 años las soluciones constructivas T1 superpuesta y T2 ventilada con carpintería de madera, continúan siendo las óptimas -68%- pero con los grosores de 10 y 15 cm de aislamiento. En el año 50 utilizando las propuestas T1 superpuesta y T2 ventilada con carpintería en aluminio, se logra una reducción del 50% del consumo de energía.

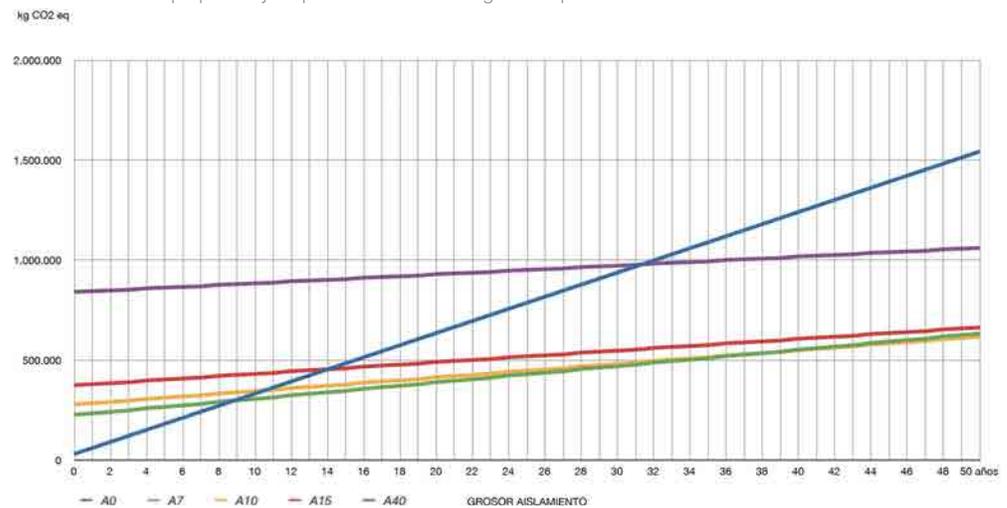
Punto de equilibrio emisiones de CO2 eq, Bloque EF

El análisis de las gráficas de emisiones de CO2 y las tablas globales en los documentos complementarios (Ver gráficas 7.25 a 7.28 y documentos complementarios 7.2 Bloque EF optimización punto de equilibrio), plantean un escenario parecido al del consumo de energía.

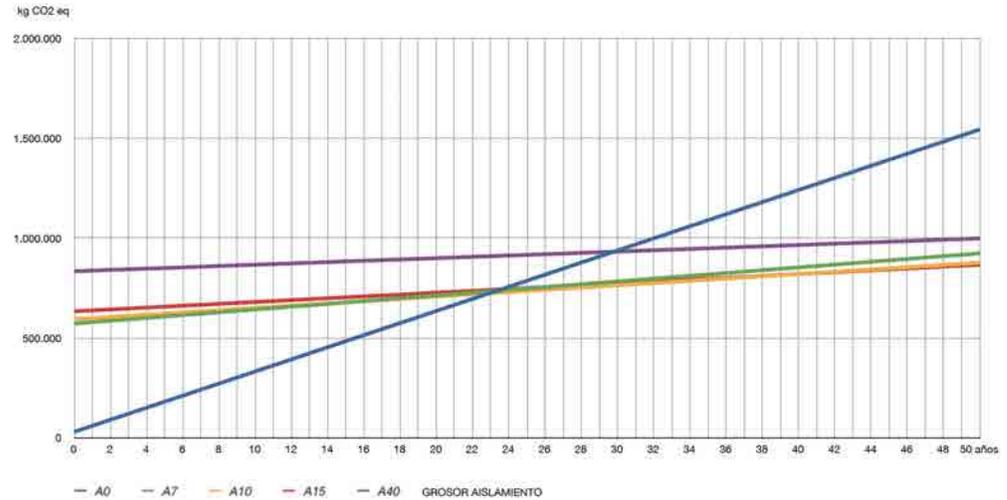
El punto de optimización en las emisiones de CO2 eq, se produce con las propuestas T1 superpuesta y T2 ventilada con carpintería de madera y con los grosores de 7 a 15 cm, entre los años 9 y 14. Con el grosor de 40 cm, solución constructiva T1 superpuesta y madera, el equilibrio se evidencia a los 32 años. Con la solución constructiva T2 ventilada y carpintería en madera, el equilibrio se muestra a los 19 años.



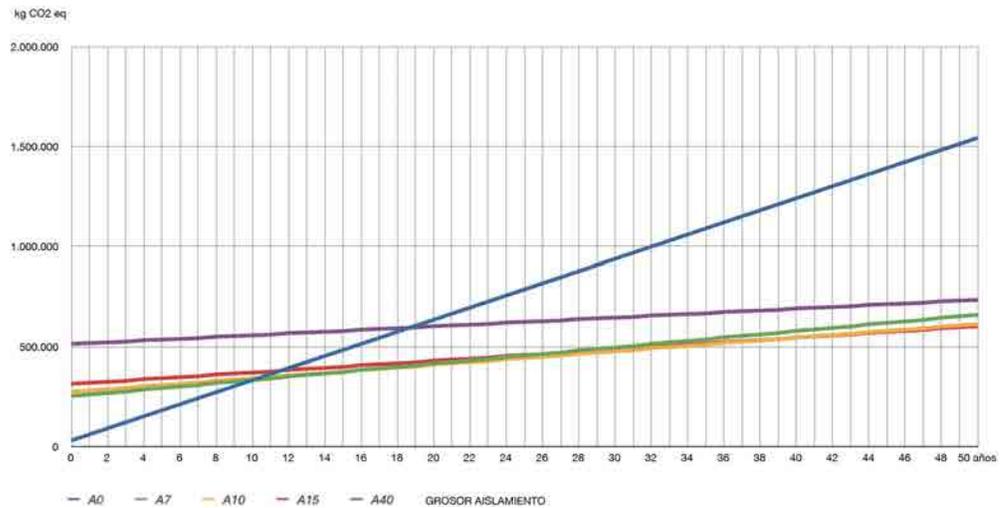
Gráfica 7.25. Bloque EF- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 1 superpuesta y carpintería de aluminio Kg CO2 eq.



Gráfica 7.26. Bloque EF- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 1 superpuesta y carpintería de madera Kg CO2 eq.



Gráfica 7.27. Bloque EF- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 2 ventilada y carpintería de aluminio Kg CO2 eq.



Gráfica 7.28. Bloque EF- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 2 ventilada y carpintería de madera Kg CO2 eq.

La solución constructiva T1 superpuesta, con carpintería en aluminio y con los grosores entre 7 y 15 cm, evidencia un punto de equilibrio entre los 21 a 26 años. Con 40 cm de espesor, el punto de equilibrio se evidenciará en el año 42. Con la solución constructiva T2 ventilada, más carpintería en aluminio, con los grosores 7 a 15 cm, el punto de equilibrio se evidenciará entre los años 23 y 24. Con un grosor de 40 cm y la misma solución constructiva T2 ventilada, el punto de equilibrio se logra sobre el año 32. El aluminio, por sus condiciones de producción, elevará las emisiones de CO2 eq en cualquier solución constructiva, desplazando el punto de equilibrio unos 8 años aproximadamente.

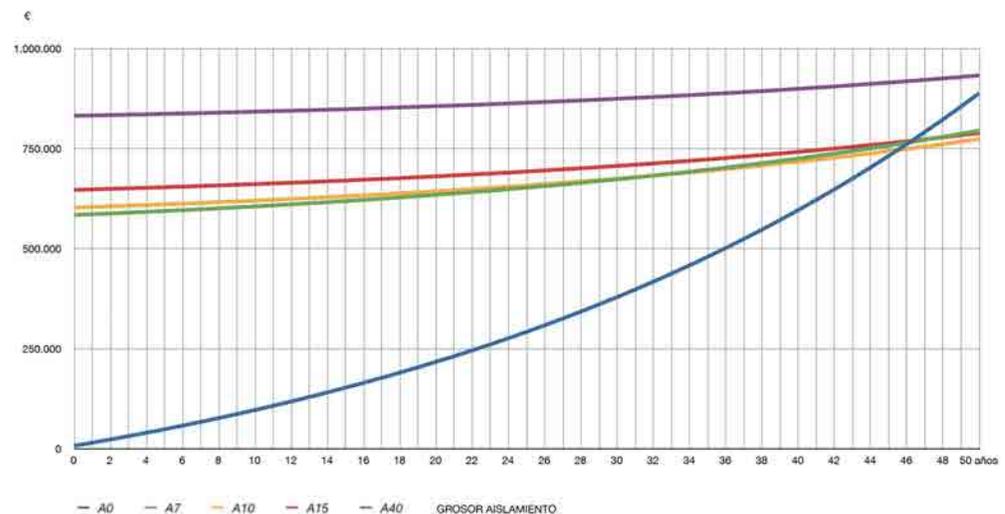
Al hacer el análisis sobre los 25 y 50 años, sobre el año 25, se puede constatar una reducción de las emisiones de CO2 eq a la atmósfera de

un 43 %—se pasa de 787.280 Kg CO₂ eq antes de la rehabilitación, a 444.291 Kg CO₂ eq, utilizando la solución T2 y carpintería en madera, con 10 cm de aislamiento. En el año 50, se pasará de 1.544.280 Kg CO₂ eq a 603.010 Kg de CO₂ eq para la solución constructiva T2 ventilada, con carpintería en madera y 15 cm de aislamiento, lo que representa una reducción máxima del 60,95%. Al revisar las gráficas las propuestas óptimas serán la T1 superpuesta y T2 ventilada con carpinterías de madera y grosores de 7 a 15 cm con valores muy próximos entre ellas. La utilización de un grosor de 40 cm se aleja de los valores resultantes de la utilización de los otros tres los grosores anteriores. Las propuestas con carpintería de aluminio, como se puede observar en las gráficas (Ver gráficas 7.25 y 7.27), evidencian una reducción de un 9% para los grosores de 7 a 15 cm a los 25 años, y a los 50 años, se reducirán las emisiones en un 30%. A medio y largo plazo las propuestas más equilibradas serán las soluciones constructivas T1 superpuesta y T2 ventilada, con carpintería en madera con los grosores de 10 a 15 cm.

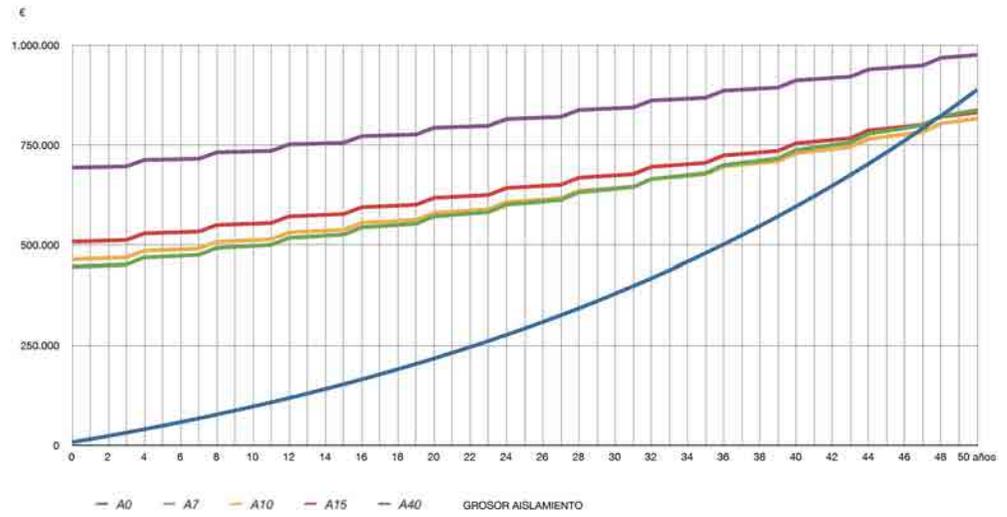
Punto de equilibrio costes económicos escenarios 1, 2 y 3, Bloque EF

Se establecerán tres escenarios hipotéticos de incremento del coste de la energía de calefacción sobre el 3, 6 y 10% de incremento anual. Para poder realizar el comparativo de los tres escenarios el incremento anual será constante.

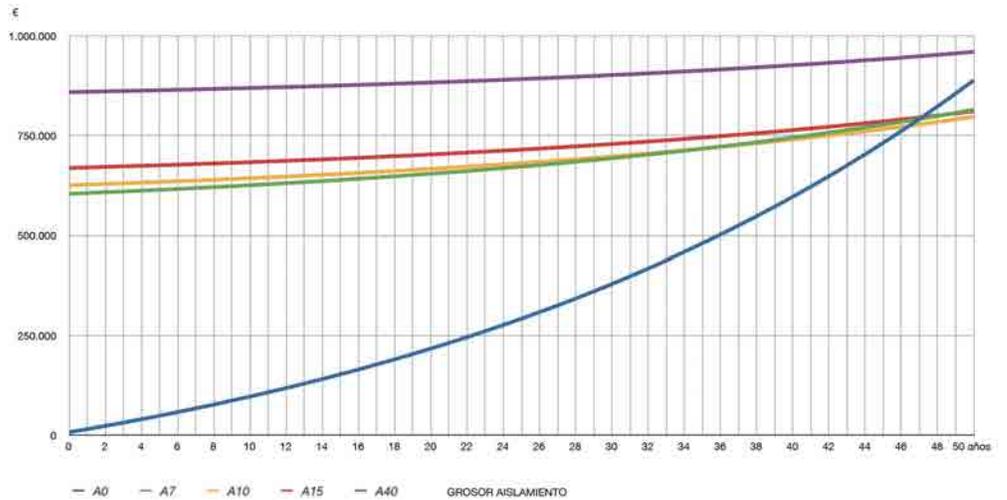
En todos los casos estudiados, se parte de la misma inversión inicial en función del tipo constructivo, carpintería y grosores de aislamiento.



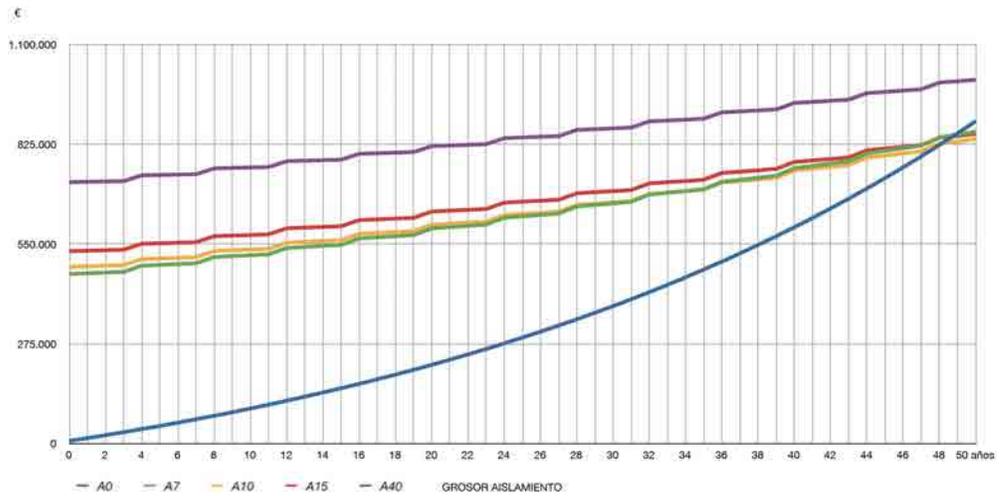
Gráfica 7.29. Bloque EF- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 1 superpuesta y carpintería de aluminio, incremento del precio de la energía con un 3% anual.



Gráfica 7.30. Bloque EF- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 1 superpuesta y carpintería de madera, incremento del precio de la energía con un 3% anual.



Gráfica 7.31. Bloque EF- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 2 ventilada y carpintería de aluminio, incremento del precio de la energía con un 3% anual.



Gráfica 7.32. Bloque EF- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 2 ventilada y carpintería de madera, incremento del precio de la energía con un 3% anual.

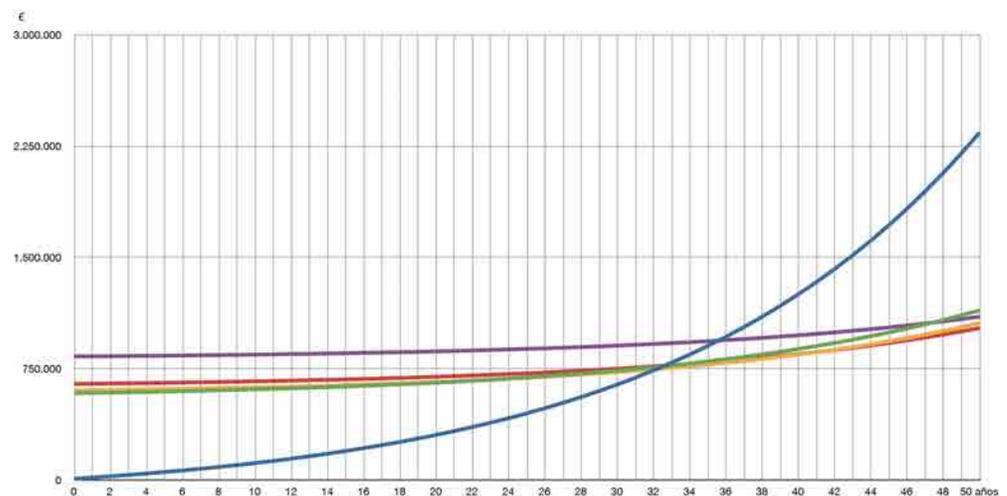
Con el incremento supuesto de un 3% anual, -el escenario 1-, el punto de equilibrio con la rehabilitación propuesta, se produciría entre los años 46 y 49 para los grosores entre 7 y 15 cm, con cualquiera de las soluciones constructivas y carpinterías propuestas (Ver cuadro 7.2 Documentos complementarios). Con un grosor de 40 cm, el punto de equilibrio, sobrepasaría los 50 años (Ver gráficas 7.29 a 7.32).

En el año 25, sobre el supuesto de incremento de un 3% acumulado, se evidencia un déficit del 49%, ya que el coste acumulado de calefacción sin la rehabilitación sería de 308.864 € y la mejor opción de soluciones constructivas y aislamientos- T1 superpuesta con carpintería en madera y 7 cm de aislamiento, estaría en 608.851 €. En el año 50, la mejor opción, según los resultados, será la rehabilitación con la solución constructiva T1 superpuesta con carpintería en aluminio y 10 cm de aislamiento, lo que representaría una reducción del 12,88%.

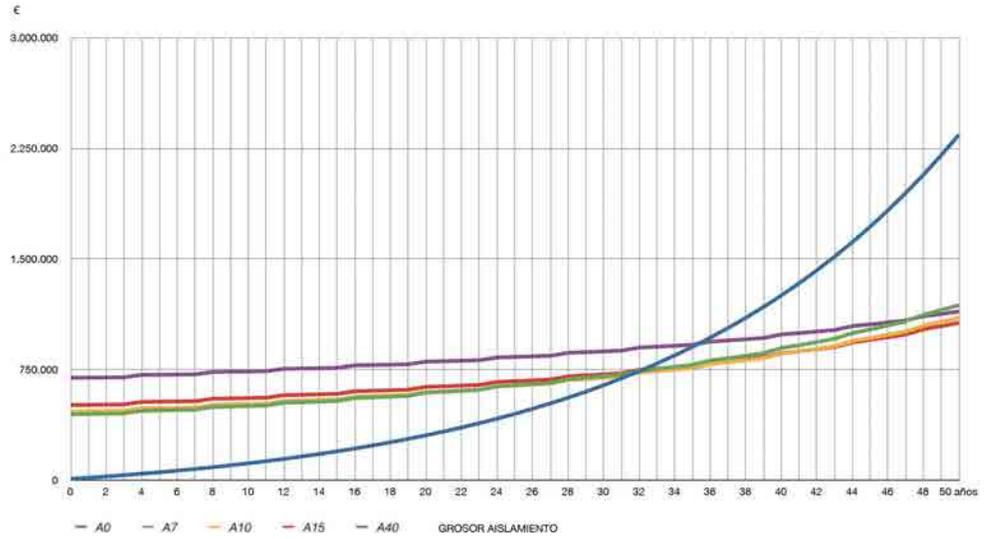
Las gráficas evidencian unos costes acumulados siempre superiores a los costes de la posible rehabilitación, produciéndose una pequeña mejora en los últimos cuatro años.

Incremento del 6% anual de costes energético, escenario 2

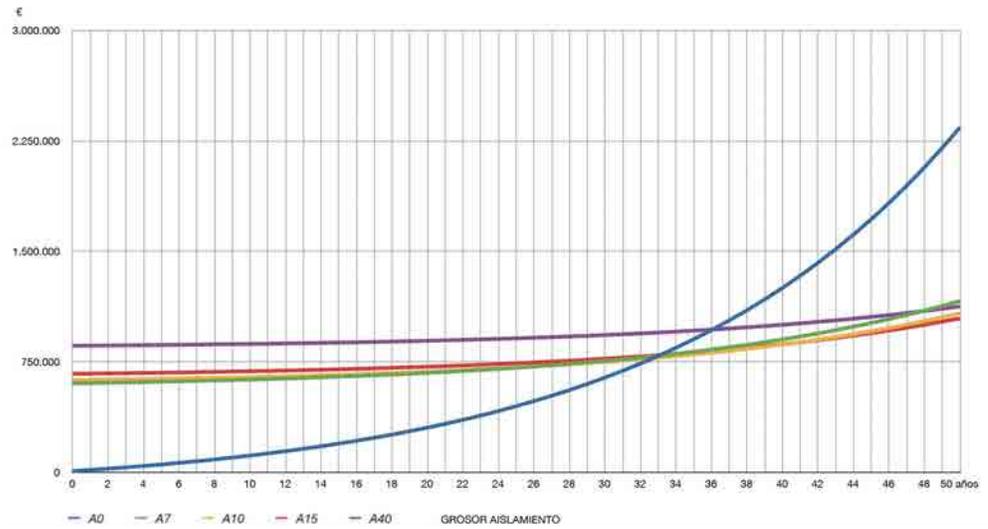
En el escenario 2, sobre el supuesto de un incremento anual del 6%, el equilibrio entre inversión y consumo se produciría entre los 32 a 37 años. (Ver gráficas 7.33 a 7.36 y datos numéricos en documentos complementarios. 7.1 Bloque EF optimización punto de equilibrio).



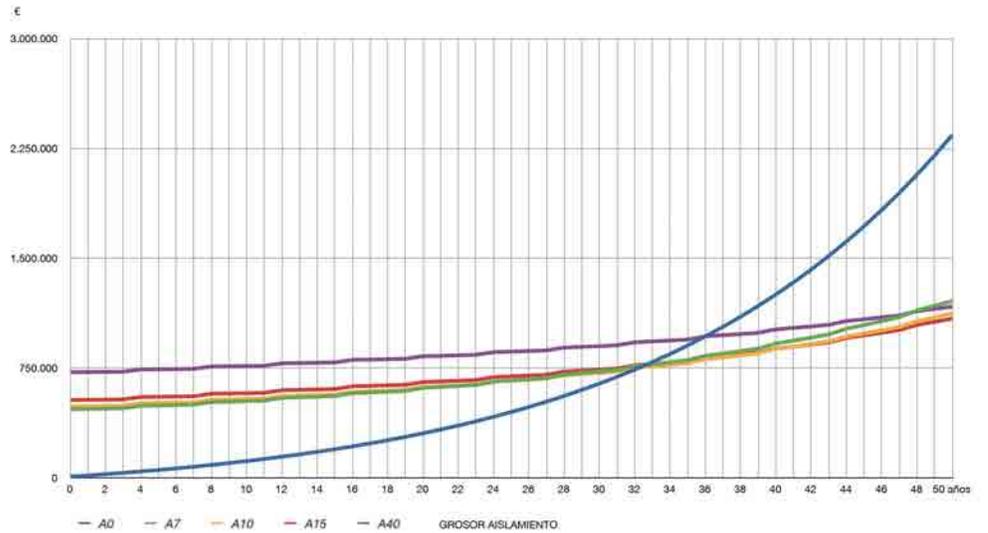
Gráfica 7.33. Bloque EF- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 1 superpuesta y carpintería de aluminio, incremento del precio de la energía con un 6% anual.



Gráfica 7.34. Bloque EF- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 1 superpuesta y carpintería de madera, incremento del precio de la energía con un 6% anual.



Gráfica 7.35. Bloque EF- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 2 ventilada y carpintería de aluminio, incremento del precio de la energía con un 6% anual.



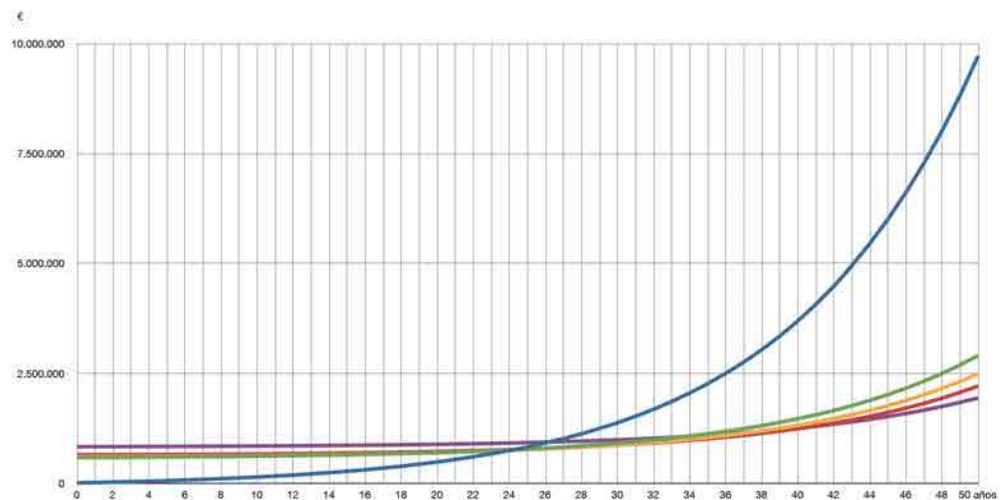
Gráfica 7.36. Bloque EF- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 2 ventilada y carpintería de madera, incremento del precio de la energía con un 6% anual.

En el año 25, ninguna de las soluciones propuestas permitiría cubrir la inversión inicial realizada. Las gráficas constatan unas reducciones de consumo del 50% para el año 50, en el caso de utilizar cualquiera de las dos soluciones constructivas -T1 superpuesta y T2 ventilada- con los grosores propuestos. La solución óptima sería la T2 ventilada, con carpintería en aluminio con un grosor de 15 cm de aislamiento, lo que representa un 55% de reducción. Con valores similares se tendrían los mismos resultados para el resto de propuestas y siempre para un grosor de 15 cm.

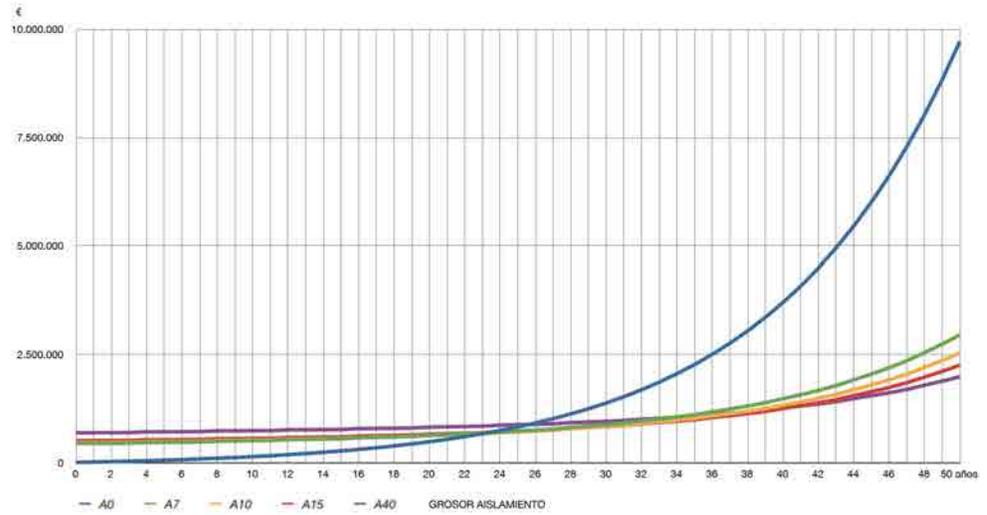
Incremento del 10% anual de coste de energía acumulada, escenario 3

El escenario 3 se propone con un incremento del precio de la energía anual de un 10%. El equilibrio económico acumulado se producirá entre los 24 y 25 años, para todas las soluciones constructivas propuestas, sobre unos grosores de 7 a 15 cm. El grosor de 40 cm evidencia un equilibrio entre los años 26 y 27 (Ver gráficas 7.37 a 7.40 y datos numéricos en documentos complementarios 7.2 Bloque EF optimización punto de equilibrio).

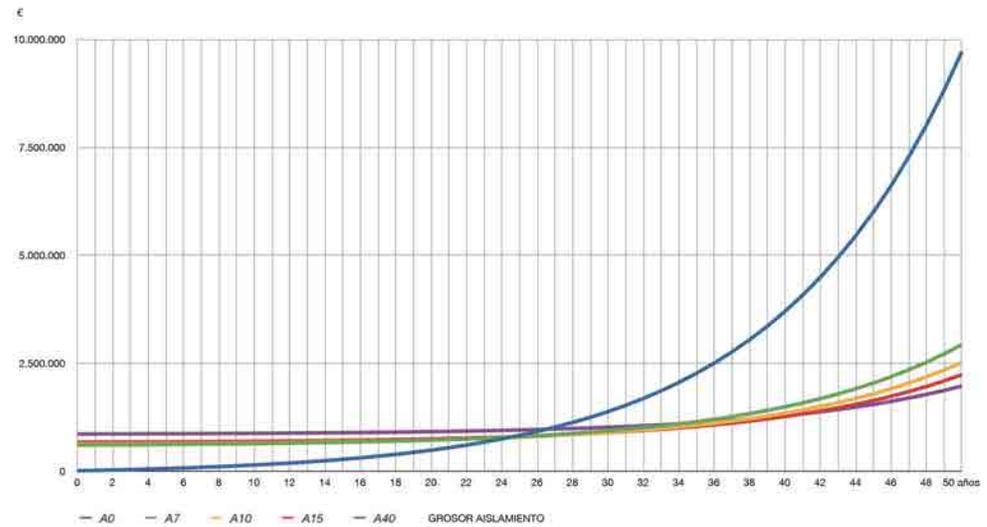
Los resultados serán similares tanto para los tipos constructivos con sus respectivas carpinterías y grosores de aislamiento. A largo plazo -50 años- todas las opciones son muy parecidas, pero finalmente se destaca económicamente, la utilización de aislamiento con un grosor de 40 cm de aislamiento.



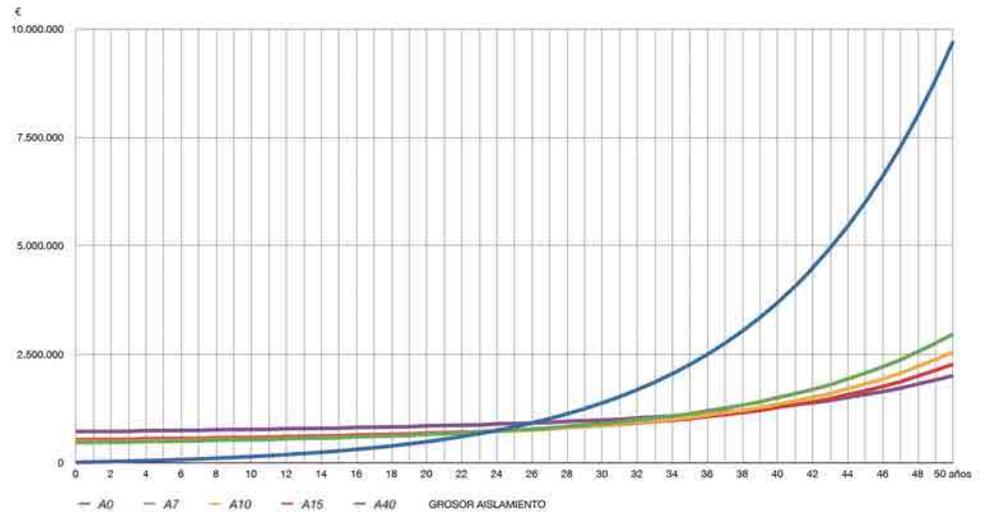
Gráfica 7.37. Bloque EF- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 1 superpuesta y carpintería de aluminio, incremento del precio de la energía con un 10% anual.



Gráfica 7.38. EF- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 1 superpuesta y carpintería de madera, incremento del precio de la energía con un 10% anual.



Gráfica 7.39. Bloque EF- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 2 ventilada y carpintería de aluminio, incremento del precio de la energía con un 10% anual.



Gráfica 7.40. Bloque EF- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 2 ventilada y carpintería de madera, incremento del precio de la energía con un 10% anual.

El análisis sobre los años 25 y 50, en el año 25, permite constatar el paso de un coste acumulado sin rehabilitar de 918.785 €, a un coste acumulado de 714.807 € para la propuesta constructiva T1 superpuesta con carpintería en madera, con un grosor de aislamiento de 10 cm que representaría una reducción del 13,7%. A partir de este punto, los costes se elevan exponencialmente llegando – en el año 50- a un coste acumulado de energía de 9.721.218 € antes de la rehabilitación del inmueble. Los resultados con la rehabilitación serán similares para todas las opciones constructivas, con un consumo energético de calefacción acumulado para la propuesta T1 superpuesta con carpintería en aluminio de 1.945.027€, lo que representa un reducción de 7.776.191€ - un 79,99%-. El resto de valores estarían entre el 69,4% y el 79,99% anteriormente señalando.

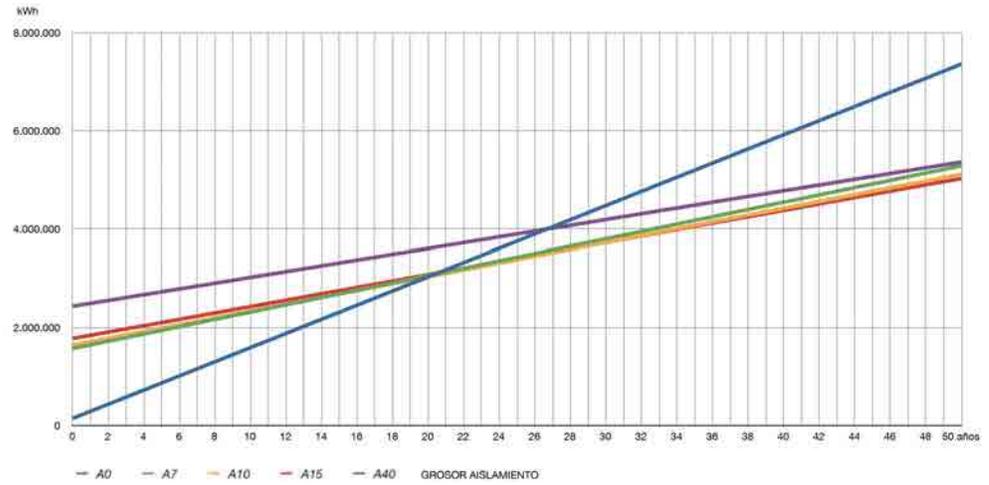
7.4

Optimización punto de equilibrio del Bloque Q, según el consumo de energía, las emisiones de CO₂ eq y coste económico (Prospectivas de variación de precio de la energía).

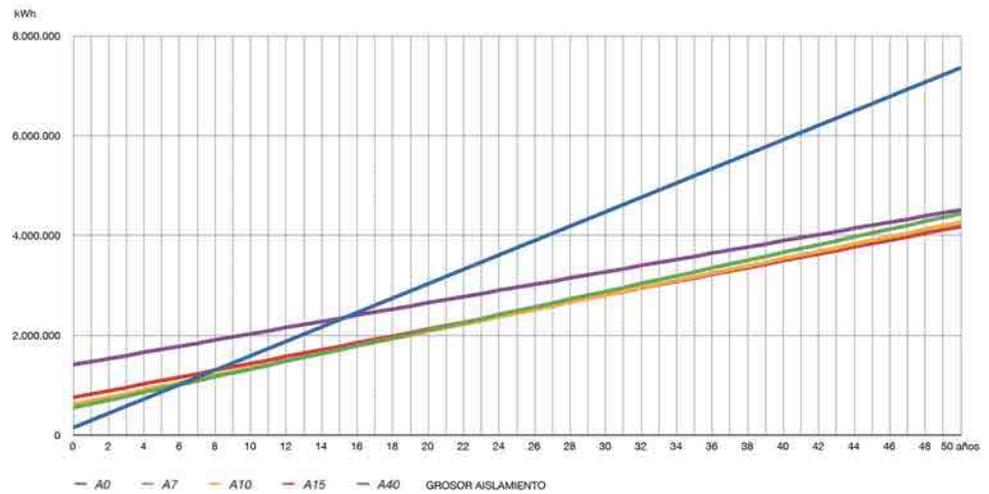
El bloque Q es una torre de planta baja, más 14 plantas con cuatro viviendas por nivel. Sobre este edificio, como en los edificios anteriores, se analiza el consumo de energía, las emisiones de CO₂ eq y los tres escenarios económicos supuestos.

Punto de equilibrio consumo de energía kWh, Bloque Q

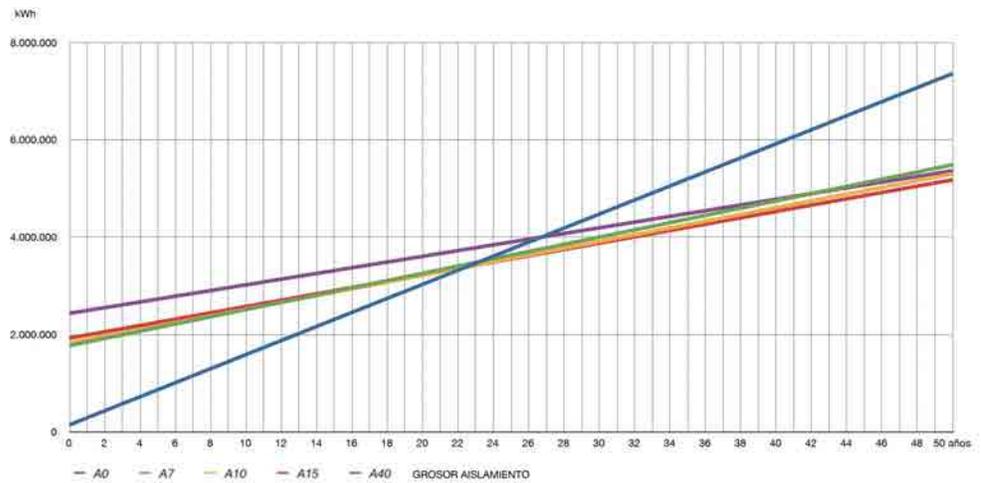
El punto de cruce, se produce en este caso, entre los 6 y 9 años para la solución constructiva T1 superpuesta, con carpintería en madera con los grosores de 7 a 15 cm. El grosor de 40 cm, evidencia el equilibrio de consumo en el año 16. Para la propuesta T2 ventilada, con carpintería en madera, evidencia el equilibrio en el año 10, para los grosores de 7 a 15 cm y en el año 16, para los 40 cm. Las opciones con carpintería de aluminio, muestran el punto de cruce, entre los años 20 a 24 años, para los grosores de 7 a 15 cm y en el año 27, para el grosor de 40 cm. (Ver gráficas 7.41 a 7.44 y documentos complementarios 7.3 Bloque Q optimización punto de equilibrio en la rehabilitación de la piel del edificio, año 2012).



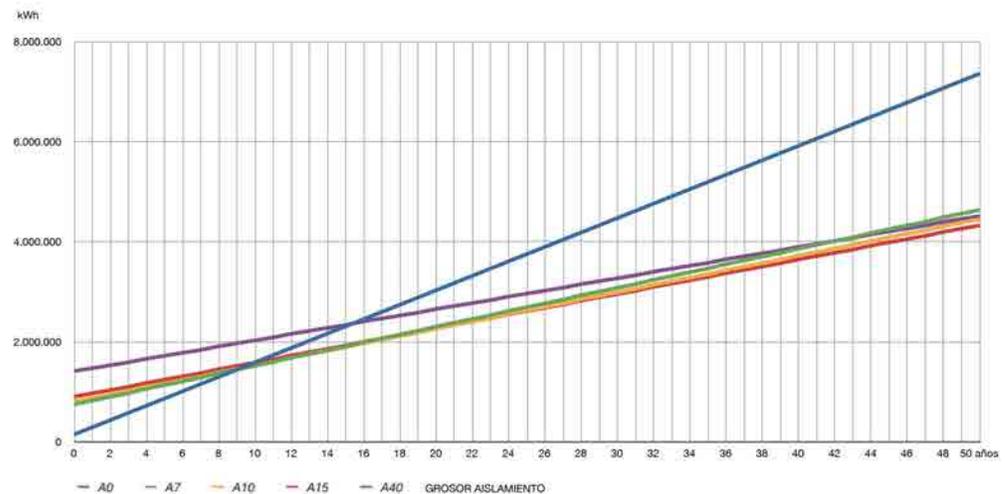
Gráfica 7.41. Bloque Q- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 1 superpuesta y carpintería de aluminio kWh.



Gráfica 7.42. Bloque Q- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 1 superpuesta y carpintería de madera kWh.



Gráfica 7.43. Bloque Q- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 2 ventilada y carpintería de aluminio kWh.

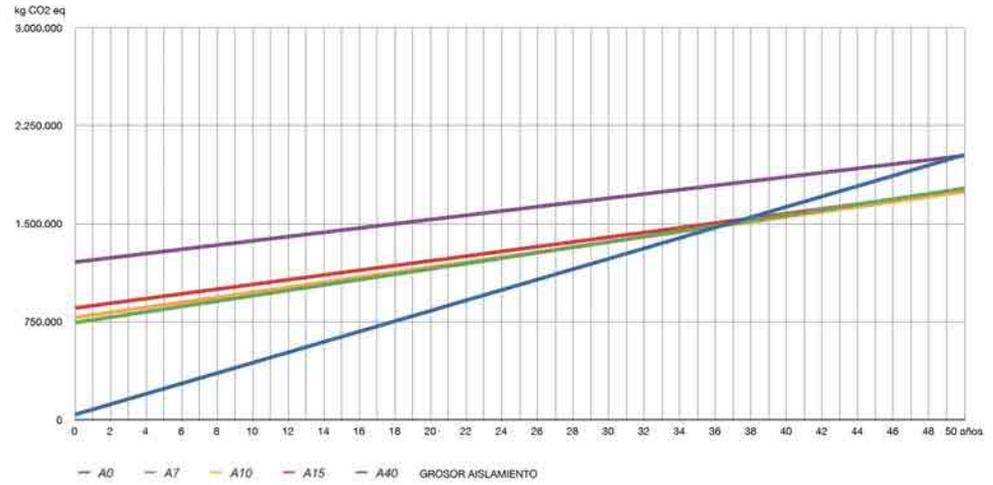


Gráfica 7.44. Bloque Q- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 2 ventilada y carpintería de madera kWh.

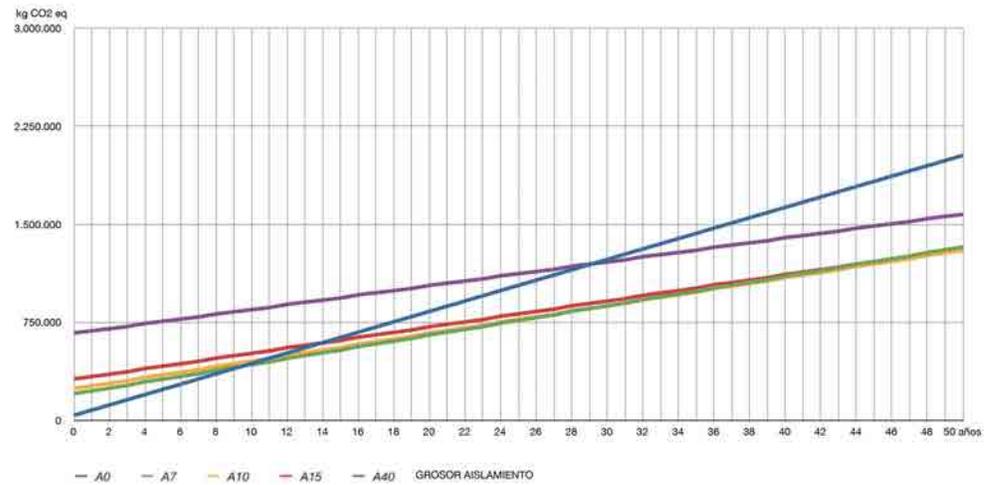
Al revisar los años 25 y 50 (Ver documentos complementarios 7.3 Bloque Q optimización punto de equilibrio en la rehabilitación de la piel del edificio, año 2012) y analizar la evolución de los resultados en estos dos periodos, en el año 25, para la solución constructiva T1 superpuesta con carpintería en madera y con un grosor de 10 cm, se muestra una reducción en el consumo acumulado de calefacción de 1.311.778 kWh, lo que representaría una disminución del 34,9 %. En el caso de las propuestas T1 superpuesta y T2 ventilada, con carpintería en madera, la reducción es de alrededor del 30% y con las de aluminio alrededor del 10%. En el año 50, la mejor opción sobre resultados de ahorro, será la utilización de la solución constructiva T1 superpuesta con carpintería de madera y con un grosor de 15 cm, evidenciando una disminución de 3.185.769 kWh y representando el 43,26% de ahorro. En las opciones de aluminio, se muestra una reducción del 31%, tal como se puede apreciar en las gráficas (Ver gráficas 7.41 a 7.43).

Punto de equilibrio emisiones de CO2 eq, Bloque Q

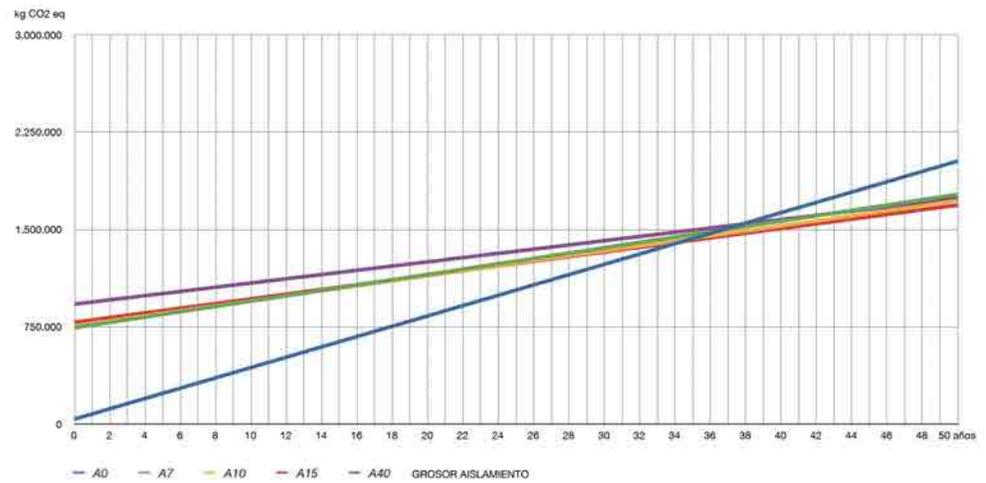
El análisis de las gráficas de emisiones de CO2 eq y las tablas globales en los documentos complementarios (Ver gráficas 7.45 a 7.48 y documentos complementarios 7.3 Bloque Q optimización punto de equilibrio en la rehabilitación de la piel del edificio, año 2012), muestran unos escenarios con pautas similares al del consumo de energía.



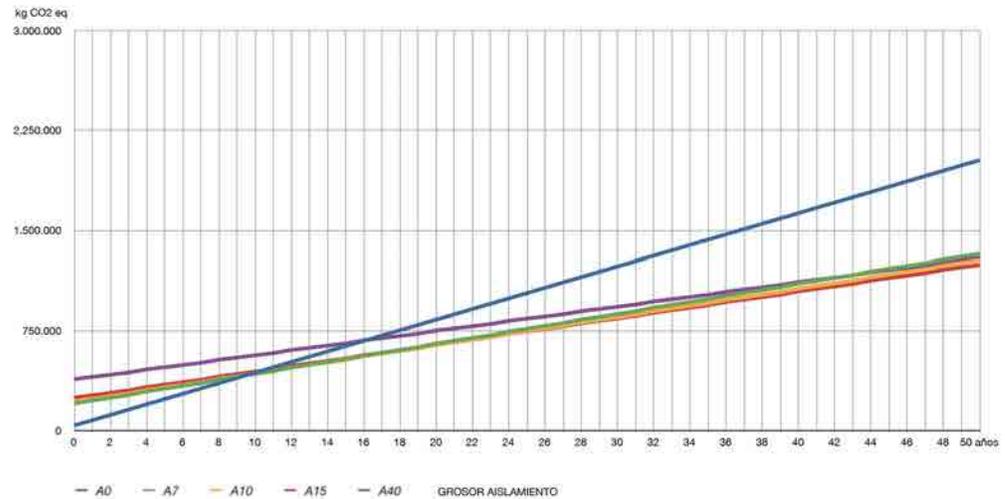
Gráfica 7.45. Bloque Q- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 1 superpuesta y carpintería de aluminio Kg CO₂ eq.



Gráfica 7.46. Bloque Q- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 1 superpuesta y carpintería de madera Kg CO₂ eq.



Gráfica 7.47. Bloque Q- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 2 ventilada y carpintería de aluminio Kg CO₂ eq.



Gráfica 7.48. Bloque Q- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 2 ventilada y carpintería de madera Kg CO2 eq.

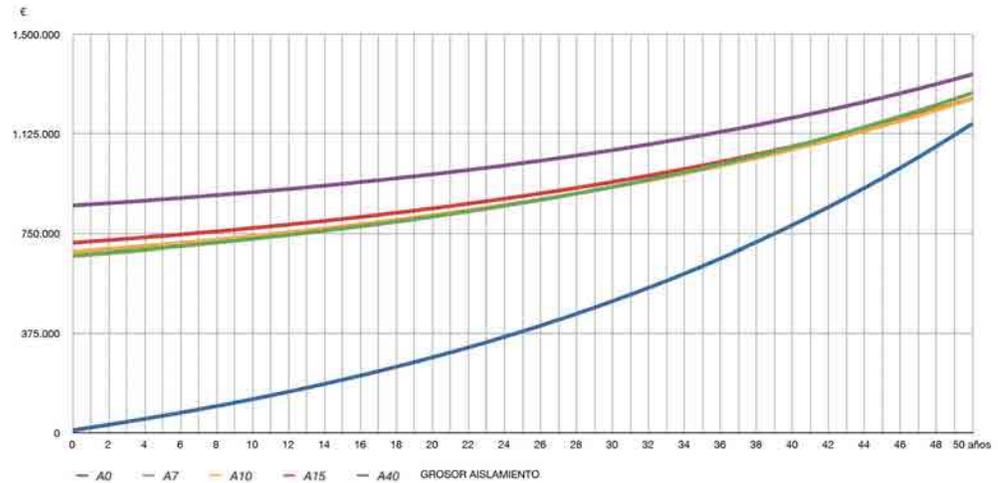
El punto de cruce en las emisiones de CO2 eq se producen en los casos de la utilización de las soluciones constructivas T1 superpuesta y T2 ventilada con carpintería de madera, entre los años 10 y 11 para los grosores de 7 a 15 cm. En el año 17, con el grosor de 40 cm se equilibra este punto de cruce, con la solución constructiva T2 ventilada y carpintería en madera. En el año 30, este mismo se evidencia, para la solución constructiva T1 superpuesta, con la misma carpintería. La propuesta con carpintería en aluminio evidencia el punto de equilibrio entre los años 35 a 39. Como se ha comentado la presencia del aluminio conlleva un coste inicial elevado de emisiones de CO2 eq a la atmosfera.

Al hacer el análisis sobre los 25 y 50 años, en el año 25-, se observa una reducción del 28,8% - se pasa de 1.033.552 Kg CO2 eq a 748.134 Kg CO2 eq- utilizando la propuesta constructiva T2 superpuesta con carpintería en madera y grosor de 15 cm. Con la solución constructiva T1 superpuesta y carpintería en madera, se obtendrán valores similares y reducciones equivalentes. Para las propuestas constructivas T1 superpuesta y T2 ventilada, con carpintería de aluminio, los resultados no alcanzan el punto de equilibrio en el periodo de años propuesto. En el año 50, se pasa de 2.027.352 Kg CO2 eq sin rehabilitar, a 1.243.663 Kg CO2 eq tras la intervención, lo que representa una disminución del 38,6% para la solución constructiva T2 ventilada con carpintería en madera y 15 cm de aislamiento. Se puede observar en las gráficas un comportamiento similar con los grosores entre 7 y 15 cm. Para las propuestas en aluminio, la reducción es mucho menor con una máxima del 16,7% para T2 ventilada y carpintería en aluminio con 15 cm de aislamiento.

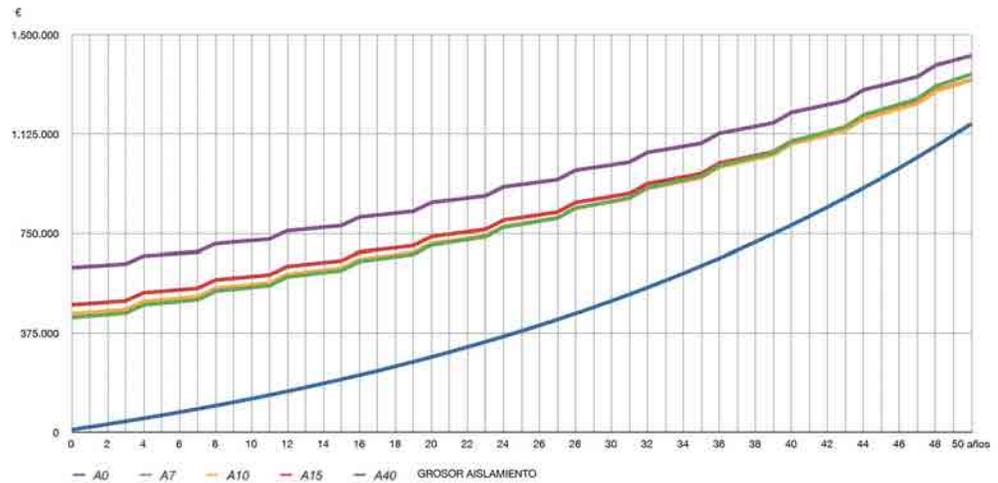
Punto de equilibrio costes económicos. Escenario 1, 2 y 3, Bloque Q

En el caso de la torre Q y con un incremento del coste de la energía de un 3%, el coste económico de la inversión inicial de rehabilitación de la fachada, más el coste de la energía, serán siempre superiores al coste de la energía del edificio antes de la rehabilitación (Ver gráficas 7.49 a 7.52 y documentos complementarios 7.3 Bloque Q optimización punto de equilibrio en la rehabilitación de la piel del edificio, año 2012)

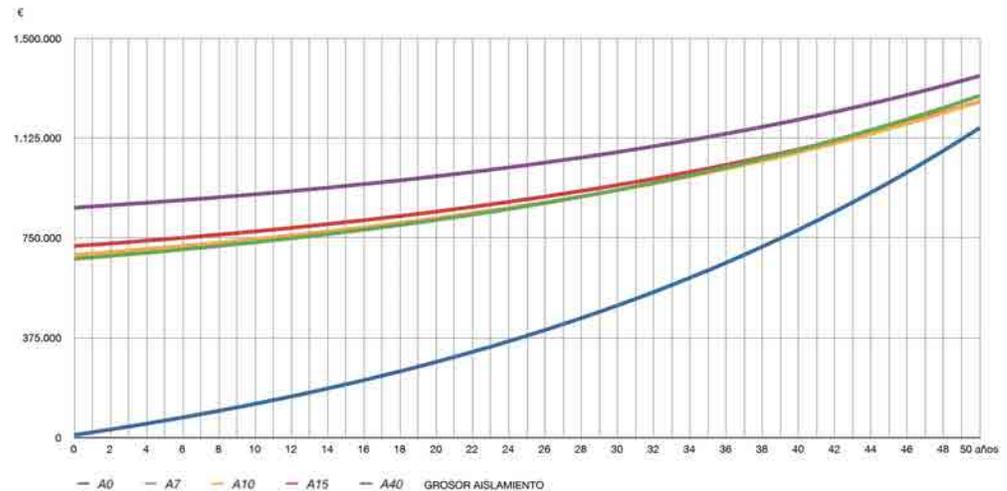
En el año 25, la diferencia entre los costes de rehabilitación y la intervención se diferencian en un 50%, aproximadamente. En el año 50, la distancia se reduce hasta llegar al 10%. El beneficio económico de una rehabilitación es uno de los puntos a considerar pues los beneficios generales sobrepasan a los meramente particulares y concretos de un edificio.



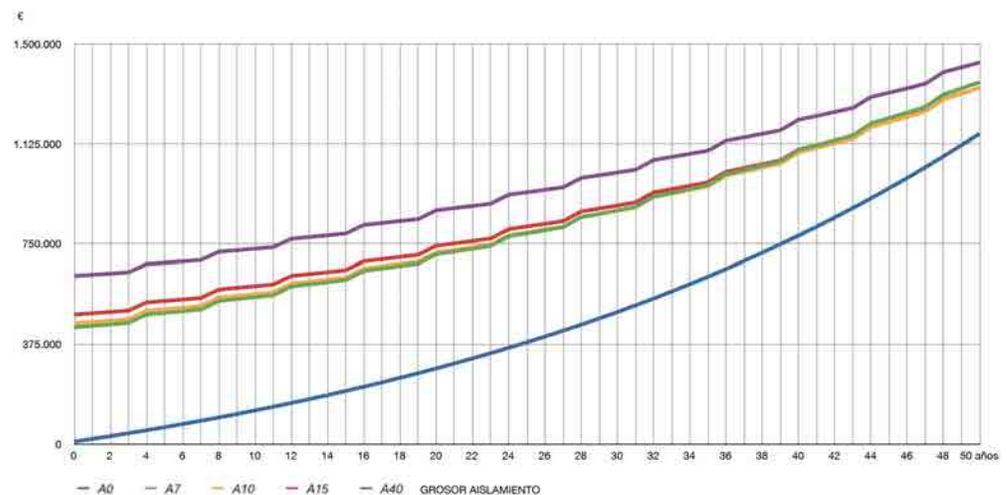
Gráfica 7.49. Bloque Q- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 1 superpuesta y carpintería de aluminio, incremento del precio de la energía con un 3% anual.



Gráfica 7.50. Bloque Q- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 1 superpuesta y carpintería de madera, incremento del precio de la energía con un 3% anual.



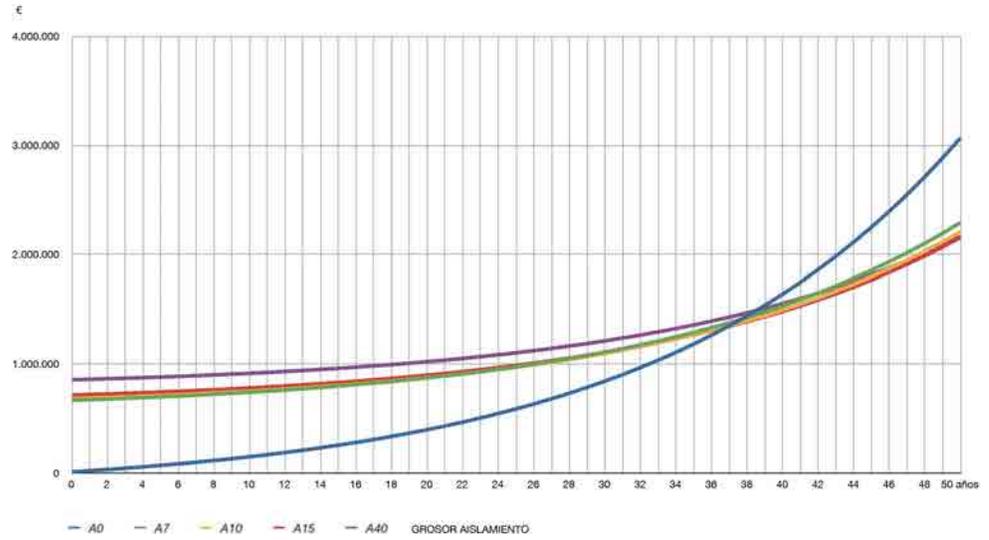
Gráfica 7.51. Bloque Q- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 2 ventilada y carpintería de aluminio, incremento del precio de la energía con un 3% anual.



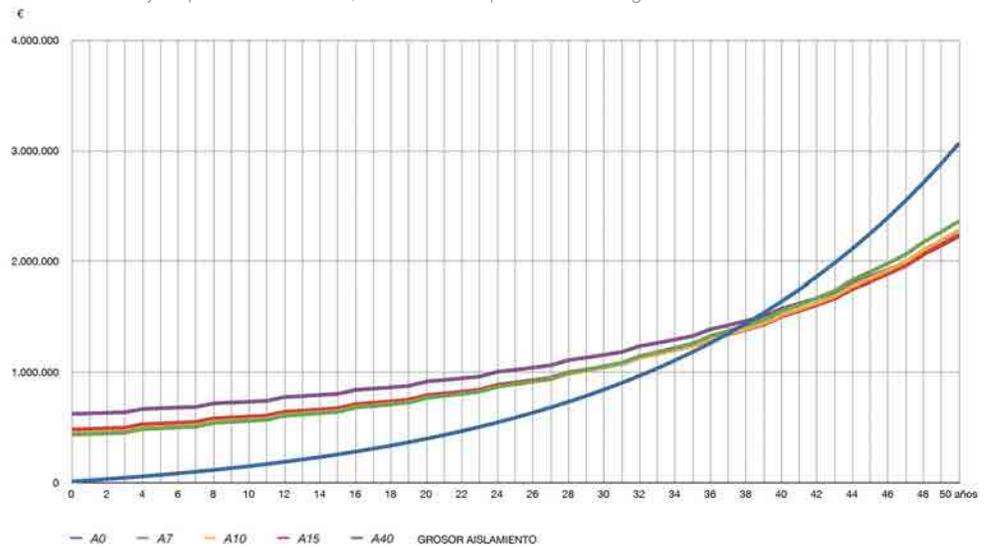
Gráfica 7.52. Bloque Q- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 2 ventilada y carpintería de madera, incremento del precio de la energía con un 3% anual.

En el escenario 2, contemplando un 6% anual de incremento del precio de la energía de calefacción, el equilibrio entre inversión y consumo se logra entre los años 37 a 40 de una manera similar para todas las propuestas constructivas con sus respectivos grosores (Ver gráficas 7.53 a 7.56 y documentos complementarios 7.3 Bloque Q optimización punto de equilibrio en la rehabilitación de la piel del edificio, año 2012)

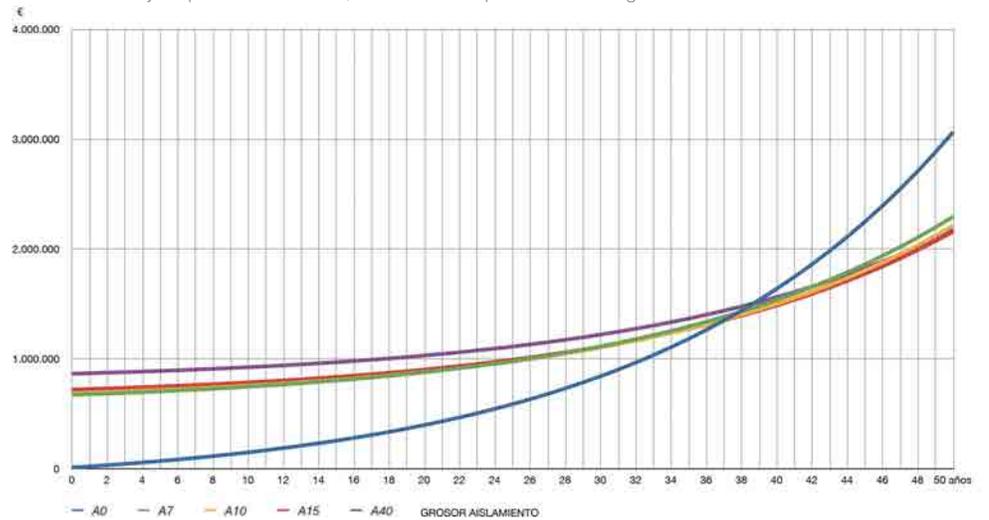
En el año 25 – como evidencian las gráficas- se muestra un déficit entre un 34 a 46% para cubrir los gastos de inversión realizados. En el año 50, las propuestas constructivas, sus respectivas carpinterías y grosores, proporcionan una reducción económica del 29,7%.



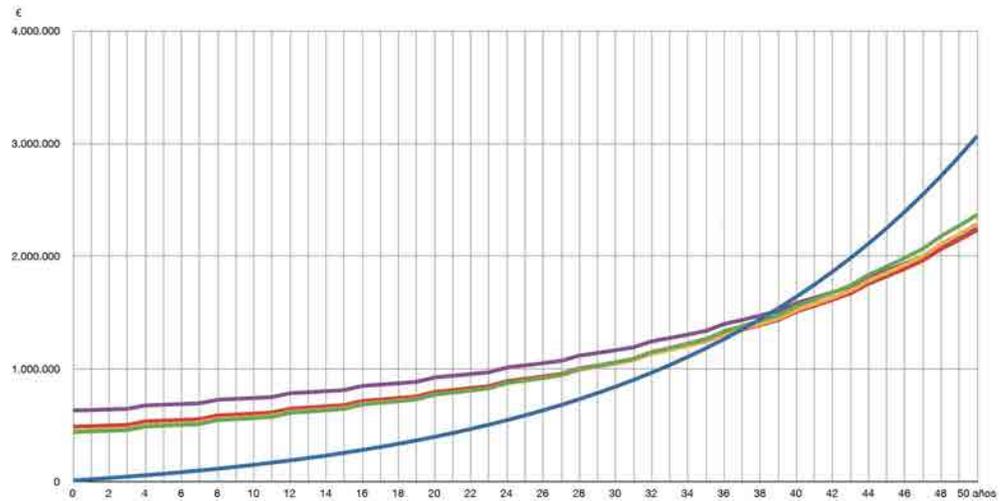
Gráfica 7.53. Bloque Q- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 1 superpuesta y carpintería de aluminio, incremento del precio de la energía con un 6% anual.



Gráfica 7.54. Bloque Q- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 1 superpuesta y carpintería de madera, incremento del precio de la energía con un 6% anual.

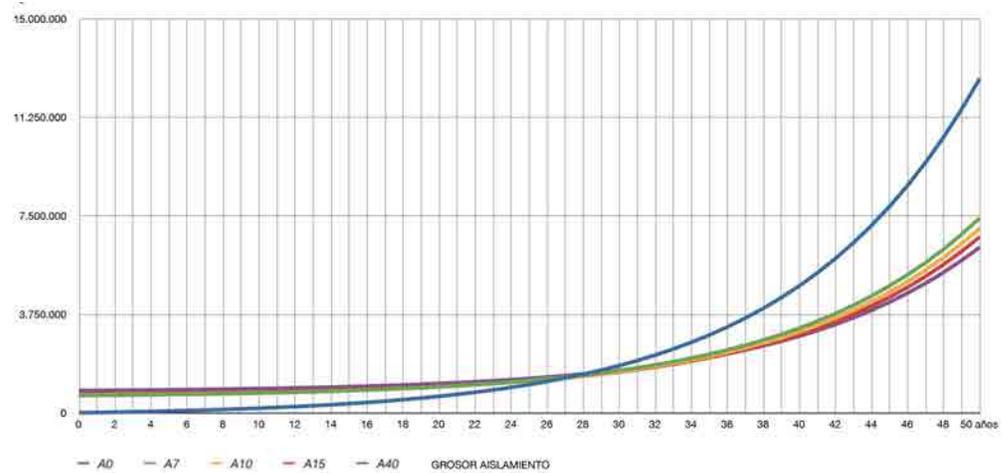


Gráfica 7.55. Bloque Q- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 2 ventilada y carpintería de aluminio, incremento del precio de la energía con un 6% anual.

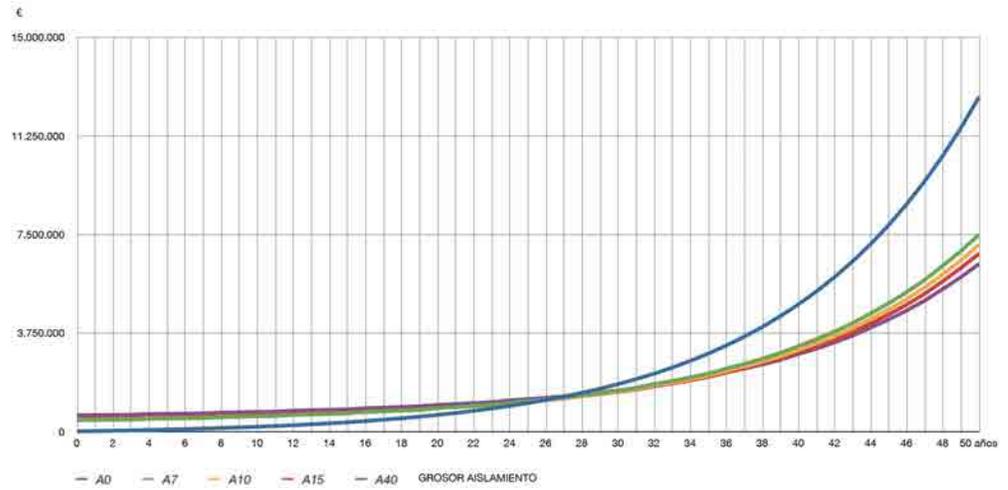


Gráfica 7.56. Bloque Q- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 2 ventilada y carpintería de madera, incremento del precio de la energía con un 6% anual.

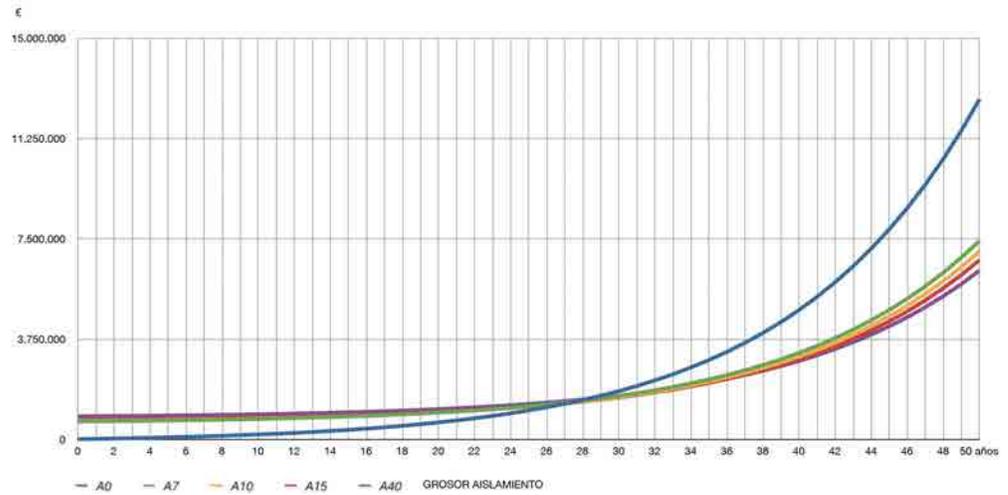
El escenario 3, con un incremento del precio de la energía anual, del 10%, evidencia entre los años 26 a 29, un equilibrio económico entre el coste acumulado, el coste de inversión de rehabilitación del edificio y el coste de la energía acumulada (Ver gráficas 7.57 a 7.60 y documentos complementarios 7.3 Bloque Q optimización punto de equilibrio en la rehabilitación de la piel del edificio, año 2012).



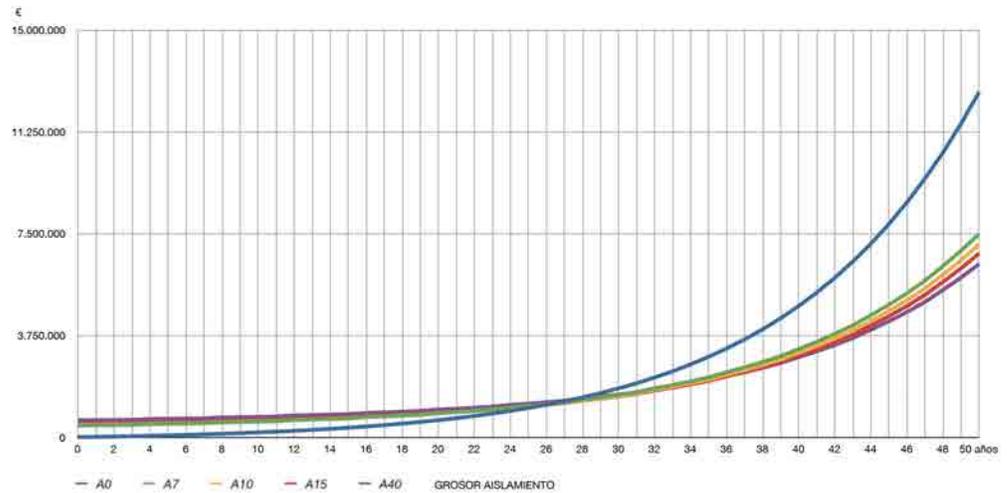
Gráfica 7.57. Bloque Q- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 1 superpuesta y carpintería de aluminio, incremento del precio de la energía con un 10% anual.



Gráfica 7.58. Bloque Q- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 1 superpuesta y carpintería de madera, incremento del precio de la energía con un 10% anual.



Gráfica 7.59. Bloque Q- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 2 ventilada y carpintería de aluminio, incremento del precio de la energía con un 10% anual.



Gráfica 7.60. Bloque Q- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 2 ventilada y carpintería de madera, incremento del precio de la energía con un 10% anual.

Al hacer el análisis sobre el año 25, se observa un punto aún por debajo de la curva sin rehabilitación, de un 4,6%, y la optimización se producirá entre los años 26 a 29. En el año 50 el coste de no rehabilitar llegaría a los 12.729.709 €, con la opción de la solución constructiva T1 superpuesta y carpintería en aluminio, con un grosor de 40 cm, con un valor acumulado de energía de calefacción de 6.309.058 €, lo que representaría una reducción del 50,4%. Como se observa en las gráficas, todos los valores y soluciones están muy próximos en función del grosor escogido, el intervalo donde se encuentran discurre entre el 41,09 % con la solución T2 ventilada con carpintería en madera y grosor de 7cm de aislamiento, al 50,4 % anteriormente mencionado.

7.5

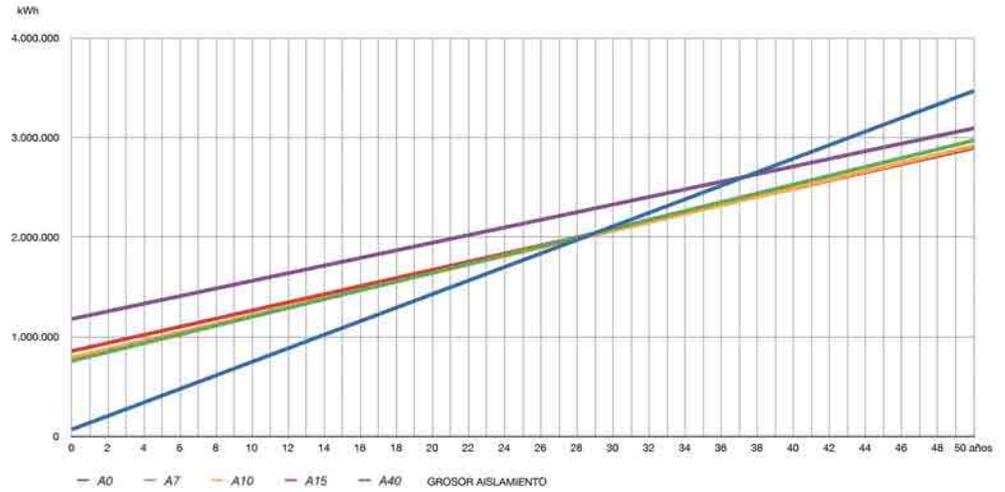
Optimización punto de equilibrio del Bloque UNI14, según el consumo de energía, las emisiones de CO2 eq y coste económico (prospectivas de variación de precio de la energía).

En este último caso, el análisis del Bloque UNI14 de vivienda unifamiliar en hilera, se establece el consumo de energía, emisiones de CO2 eq y los tres escenarios económicos.

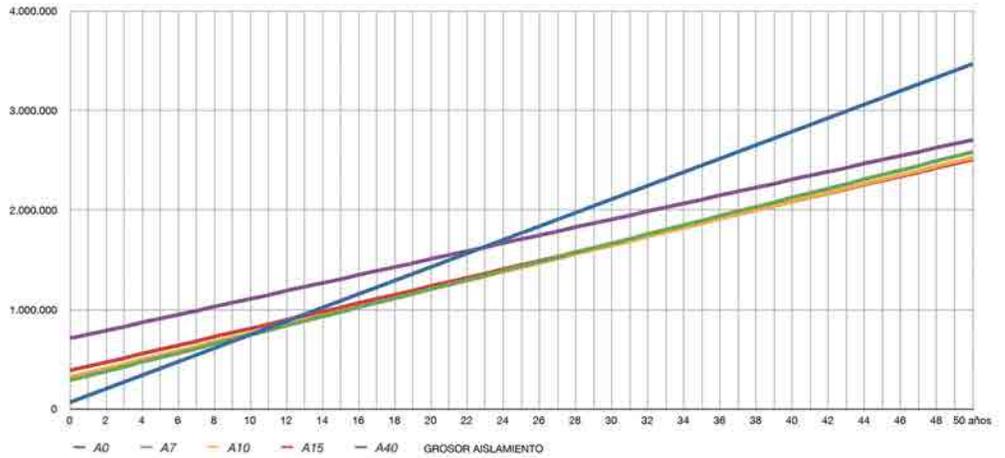
Punto de equilibrio consumo de energía kWh, Bloque UNI14

El análisis de los resultados de las gráficas, permite leer un punto de cruce, entre los años 10 a 13, que evidencia las ventajas de la propuesta T1 superpuesta con carpintería en madera, con grosor de aislamiento entre 7 y 15 cm. (Ver gráficas 7.61 a 7.64 y documentos complementarios 7.4 Bloque UNI14 optimización punto de equilibrio en la rehabilitación de la piel del edificio, año 2012). Para esta misma solución, se evidencia el cruce, con carpintería en aluminio en el año 29 (Ver gráficas 7.61 y 7.62).

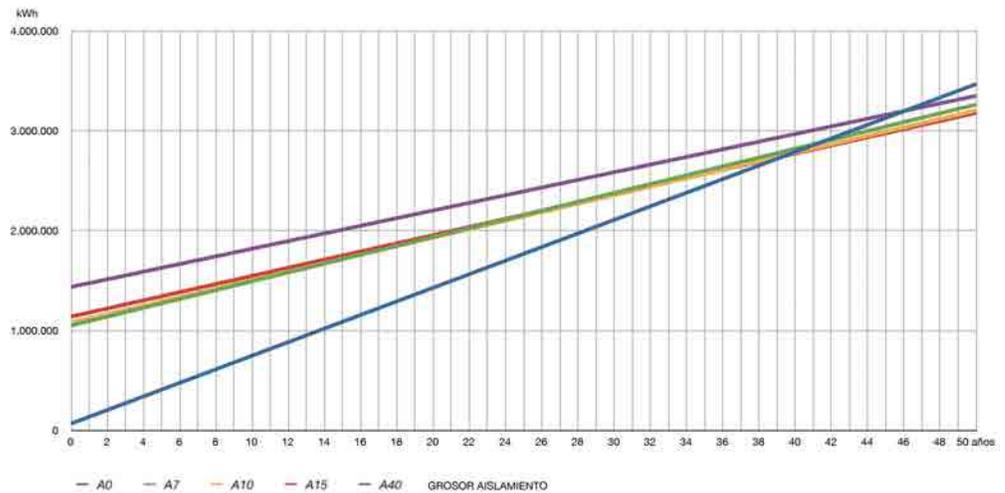
Al analizar la evolución de los resultados, sobre los años 25 y 50, el caso más favorable en el año 25, es la solución constructiva T1 superpuesta con carpintería en madera, con un grosor de 10 cm de aislamiento, con una reducción de 343.538 kWh -19,4%- respecto de la energía acumulada de calefacción sin rehabilitar. En el año 50 -largo plazo-, el consumo acumulado de energía sin rehabilitar representa 3.469.785 kWh. La propuesta T1 superpuesta con carpintería en madera y 15 cm de aislamiento da un resultado de 2.507.678 kWh y representa una reducción del 27,7%. Las opciones con carpintería de aluminio, evidencian una escasa reducción de apenas un 7%.



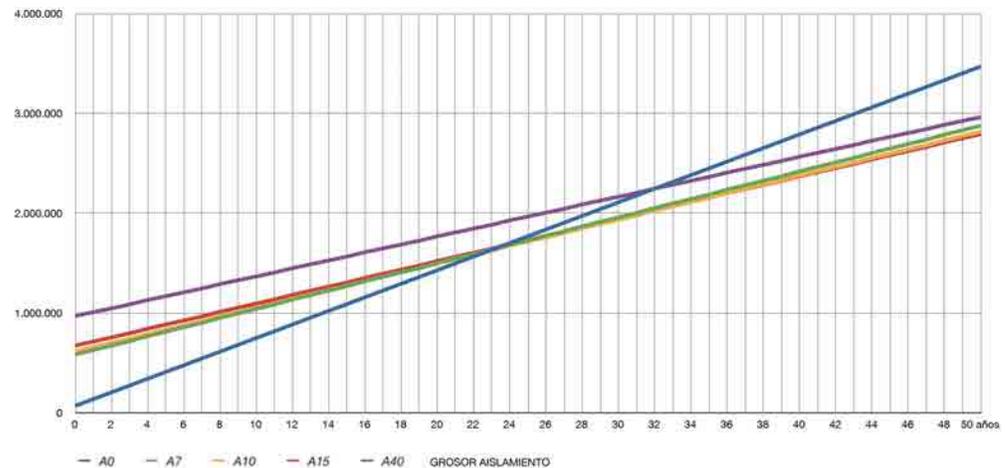
Gráfica 7.61. Bloque UNI14- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva Tipo 1 superpuesta y carpintería de aluminio kWh.



Gráfica 7.62. Bloque UNI14- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva Tipo 1 superpuesta y carpintería de madera kWh.



Gráfica 7.63. Bloque UNI14- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva Tipo 2 ventilada y carpintería de aluminio kWh.



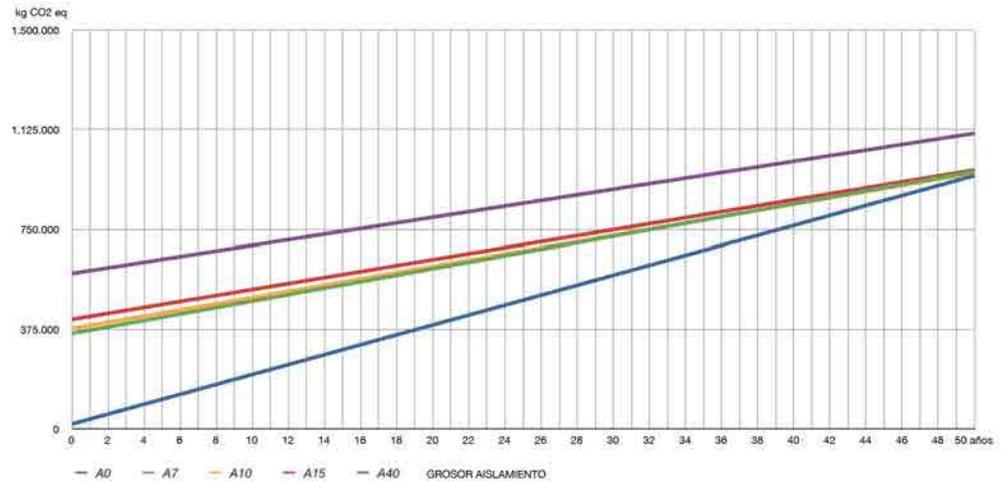
Gráfica 7.64. Bloque UNI14- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva Tipo 2 ventilada y carpintería de madera kWh.

Punto de equilibrio emisiones de CO₂ eq, Bloque UNI14

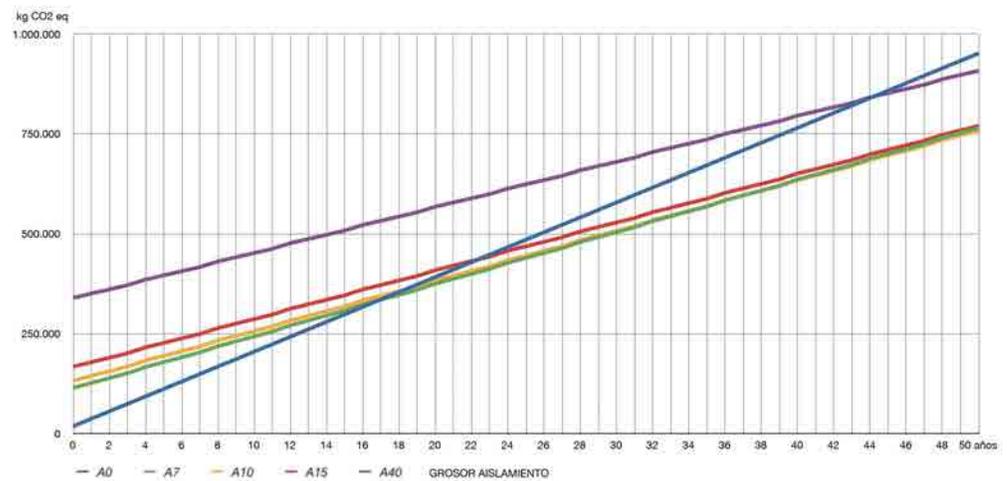
El análisis de las gráficas de emisiones de CO₂ eq y las tablas globales en los documentos complementarios (Ver gráficas 7.65 a 7.68 y documentos complementarios 7.4 Bloque UNI14 optimización punto de equilibrio en la rehabilitación de la piel del edificio, año 2012) plantean un escenario en el que las soluciones T1 superpuesta y T2 ventilada, con carpintería de madera y los grosores de 7 a 15 cm, cumplirían con los objetivos de reducir las emisiones de CO₂ eq a la atmosfera. La propuesta T1 superpuesta con madera alcanzaría el equilibrio en el año 19 -para los grosores de 7 y 10 cm- y en el año 23 para los de 15 cm. Finalmente en el año 45, se lograría el punto de equilibrio con el grosor de 40 cm. Para la solución constructiva T2 ventilada con carpintería en madera en los años 39 y 40, se logra el equilibrio con los grosores de 7 a 15 cm. Las propuestas T1 superpuesta y T2 ventilada con carpintería de aluminio, manifiestan valores superiores a las posibilidades previas a la intervención. Estos valores obedecen a la elevada inversión inicial requerida para la intervención. Al analizar los datos de los cuadros 6.1 a 6.4 del capítulo 6, se puede destacar que las emisiones de CO₂ eq del edificio UNI14, son superiores a las de los edificios A y Q. Esto se debe a la mayor superficie de envolvente del UNI 14 – principalmente cubierta- en comparación a la superficie interior de la edificación.

Al hacer el análisis sobre los años 25 y 50 –mediano y largo plazo- se puede constatar para la solución constructiva T1 superpuesta con carpintería en madera y 7 cm de aislamiento, una reducción de las emisiones de CO₂ eq del 9,38%, que evidencia una reducción de 45.540 Kg CO₂ eq. En el año 50 y con la misma propuesta constructiva

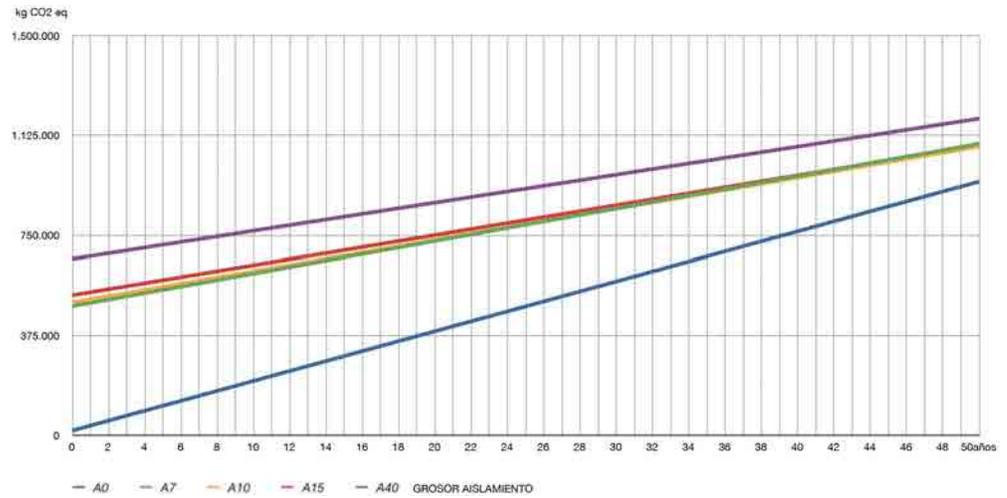
y 10 cm de aislamiento, se evidencia una reducción de 193.503 Kg CO₂ eq, lo que representa un 20,32%. En general, todos los valores para T1 superpuesta y T2 ventilada con carpintería de madera están muy próximos, asunto que se puede comprobar en las Gráficas y documentos complementarios (Ver gráficas 7.65 a 7.68 y documentos complementarios 7.4 Bloque UNI14 optimización punto de equilibrio en la rehabilitación de la piel del edificio, año 2012).



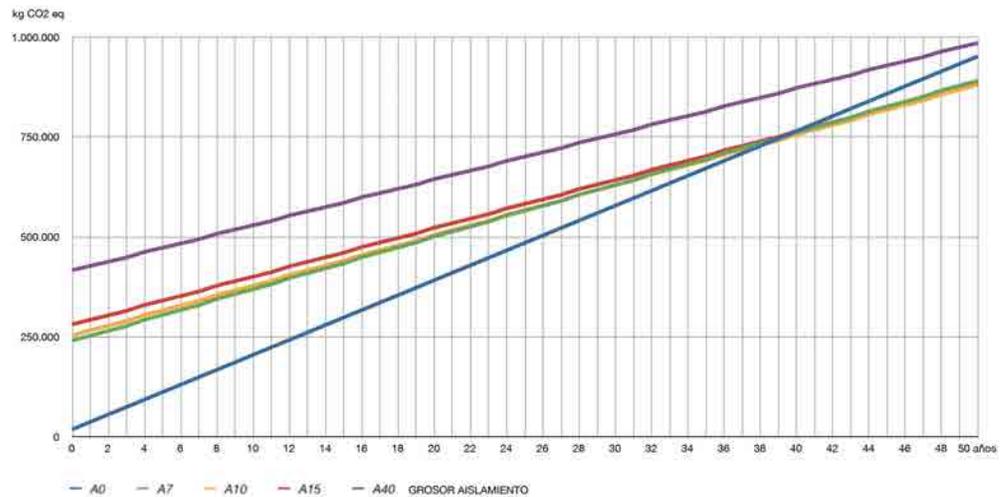
Gráfica 7.65. Bloque UNI14- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 1 superpuesta y carpintería de aluminio Kg CO₂ eq.



Gráfica 7.66. Bloque UNI14- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 1 superpuesta y carpintería de madera Kg CO₂ eq.



Gráfica 7.67. Bloque UNI14- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 2 ventilada y carpintería de aluminio Kg CO2 eq.

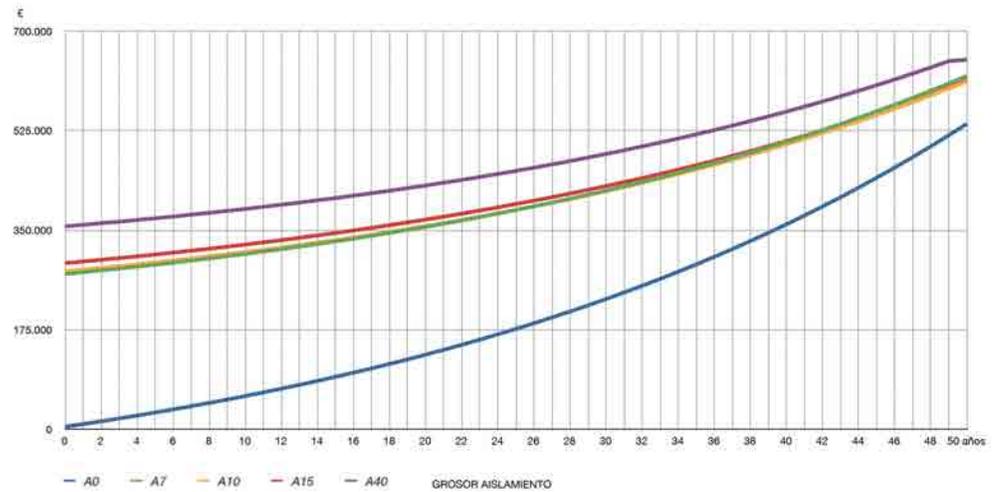


Gráfica 7.68. Bloque UNI14- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 2 ventilada y carpintería de madera Kg CO2 eq.

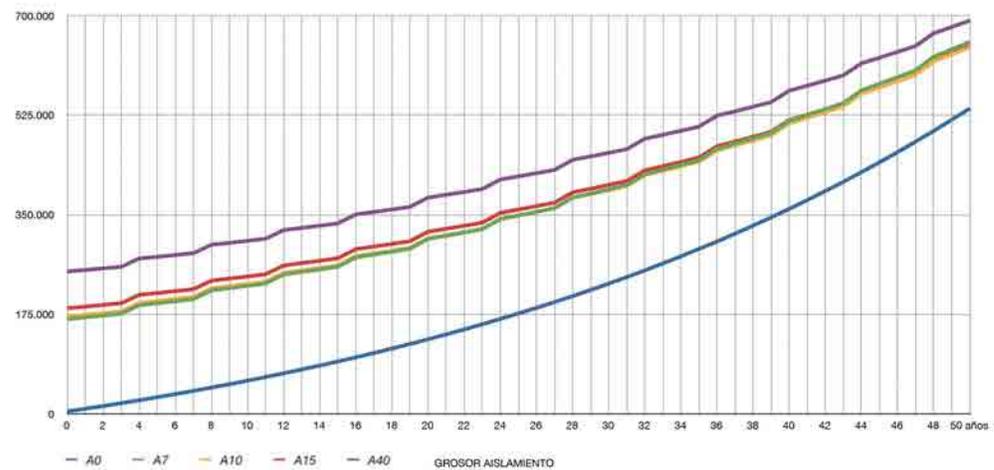
Punto de equilibrio costes económicos de energía acumulada anual. Escenarios 1, 2 y 3 Bloque UNI14

Sobre el supuesto de un incremento anual del 3% del coste de energía acumulado, no se evidencia en el periodo de tiempo contemplado, el punto de equilibrio económico. En este escenario supuesto, la gráfica evidencia que la inversión inicial, más el coste de la energía de consumo acumulada, siempre será superior al coste de consumo de calefacción del edificio sin rehabilitar. (Ver gráficas 7.69 a 7.72 y documentos complementarios 7.4 Bloque UNI14 optimización punto de equilibrio en la rehabilitación de la piel del edificio, año 2012).

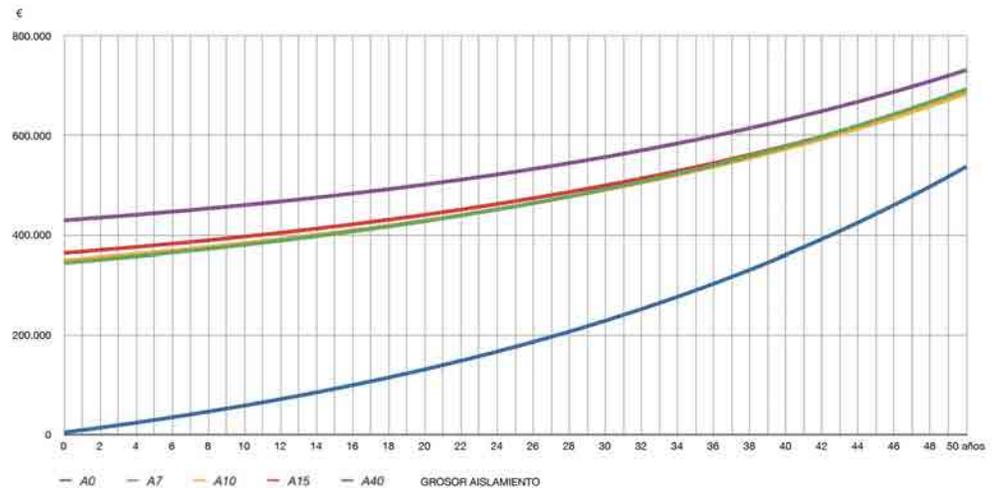
Sobre un incremento de la energía del 6% anual, en el escenario 2, el equilibrio entre inversión y consumo de calefacción para la solución T1 superpuesta, con carpintería en madera y aluminio y grosores entre 7 y 40 cm, se inicia en el año 40 y finaliza en el 42. Con la propuesta T2 ventilada, carpintería en madera y aislamiento de 15 cm, se logra el punto de equilibrio en el año 43, seguido por el grosor de 10 cm en el año 44. Para el año 45, se evidencia el cruce para los grosores de 7 y 40 cm con la misma solución constructiva. La propuesta T2 ventilada con carpintería en madera, manifiesta un ligero desplazamiento en el tiempo y con el grosor de 15 cm, logra el equilibrio económico del coste energético acumulado, en el año 44, seguido del de 10 cm en



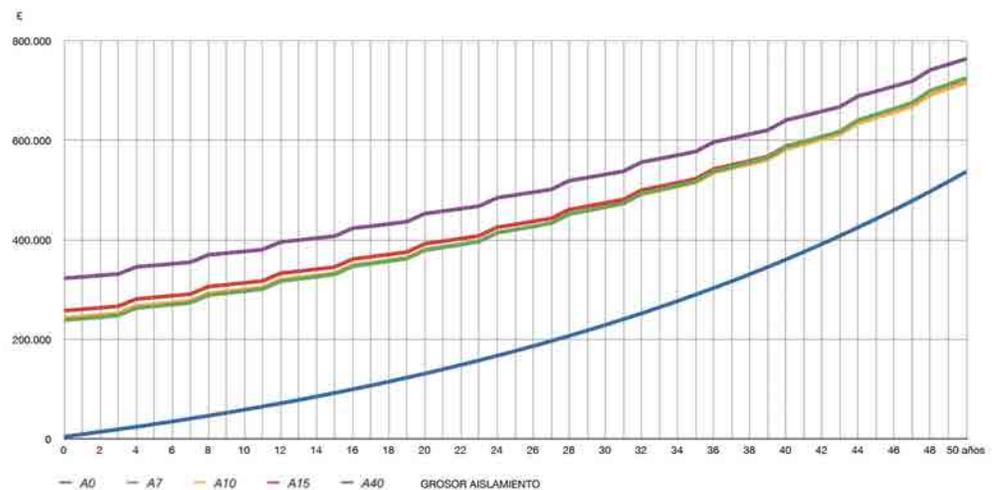
Gráfica 7.69. Bloque UNI14- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 1 superpuesta y carpintería de aluminio, incremento del precio de la energía con un 3% anual.



Gráfica 7.70. Bloque UNI14- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 1 superpuesta y carpintería de madera, incremento del precio de la energía con un 3% anual.



Gráfica 7.71. Bloque UNI14- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 2 ventilada y carpintería de aluminio, incremento del precio de la energía con un 3% anual.

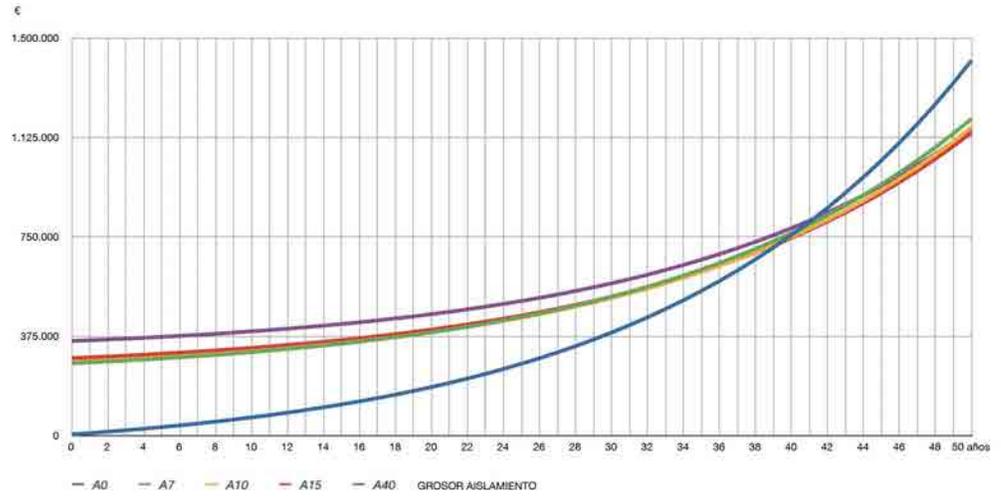


Gráfica 7.72. Bloque UNI14- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 2 ventilada y carpintería de madera, incremento del precio de la energía con un 3% anual.

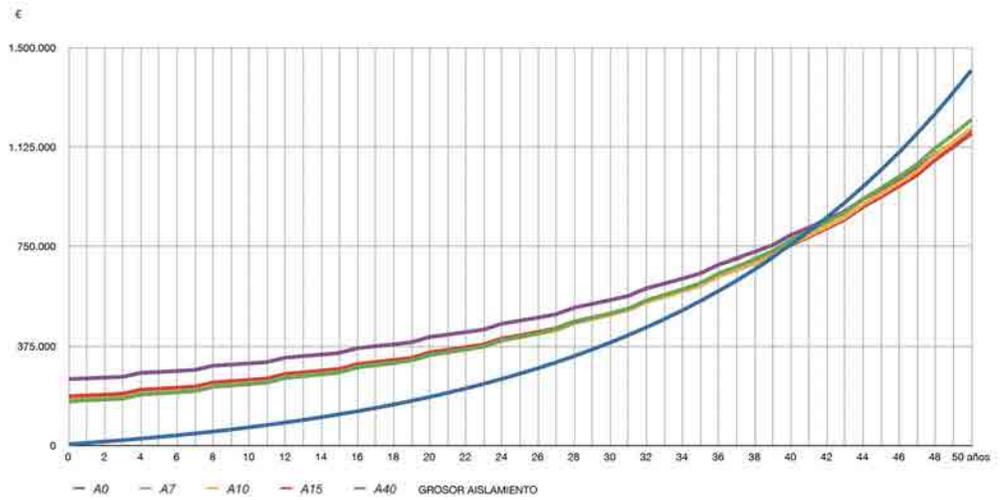
el año 45 y los grosores de 7 y 40 cm, con la misma solución en el año 46. (Ver gráficas 7.73 a 7.76 y documentos complementarios 7.4 Bloque UNI14 optimización punto de equilibrio en la rehabilitación de la piel del edificio, año 2012).

Al hacer el análisis sobre los 25 y 50 años, se constata que en ese primer lapso de 25 años, no se evidencia la posibilidad de equilibrio económico. La solución constructiva T2 ventilada con carpintería en madera y con un grosor de 10 cm, arroja en este año, un déficit de 131.378 €, lo que representa un 31,17% de diferencia respecto de la energía anual acumulada sin intervenir, de 292.091 €.

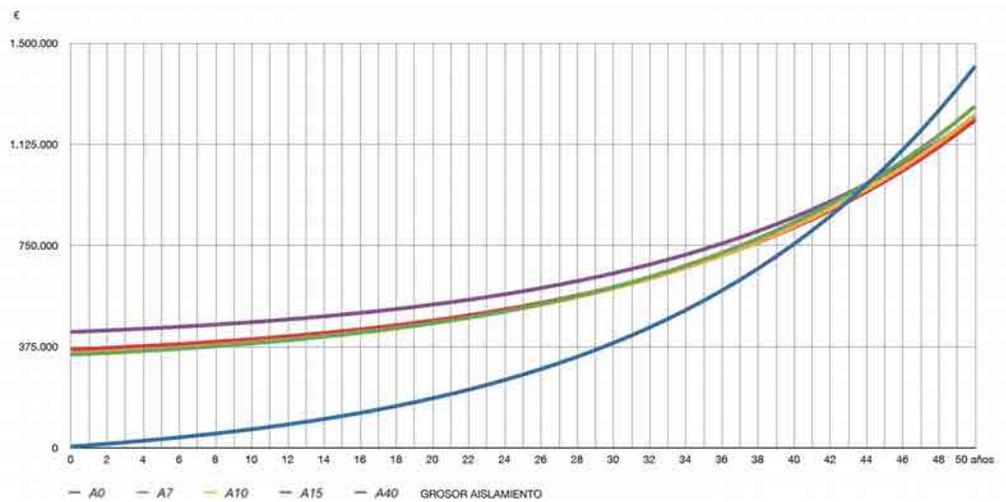
En el año 50, el coste de la energía acumulada- calefacción- del edificio sin rehabilitar, representa 1.415.647 €. Con la intervención con



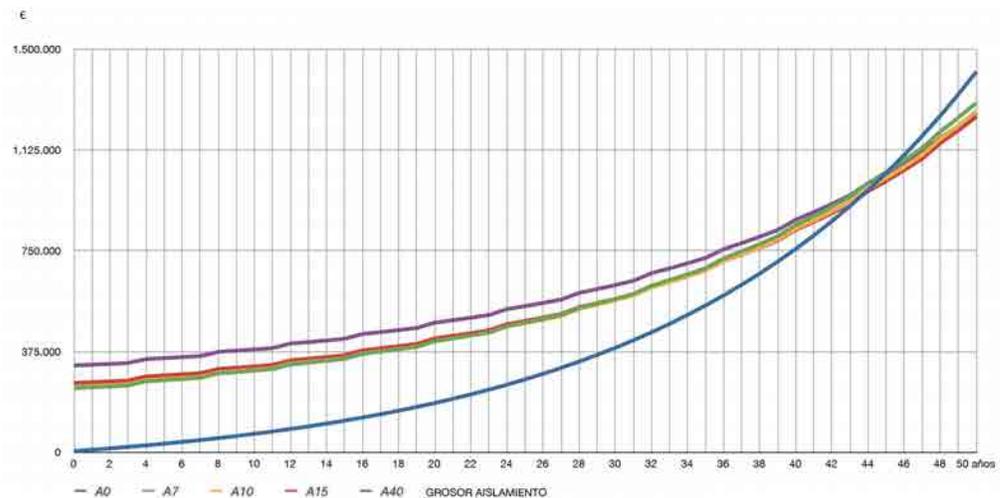
Gráfica 7.73. Bloque UNI14- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 1 superpuesta y carpintería de aluminio, incremento del precio de la energía con un 6% anual.



Gráfica 7.74. Bloque UNI14- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 1 superpuesta y carpintería de madera, incremento del precio de la energía con un 6% anual.



Gráfica 7.75. Bloque UNI14- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 2 ventilada y carpintería de aluminio, incremento del precio de la energía con un 6% anual.

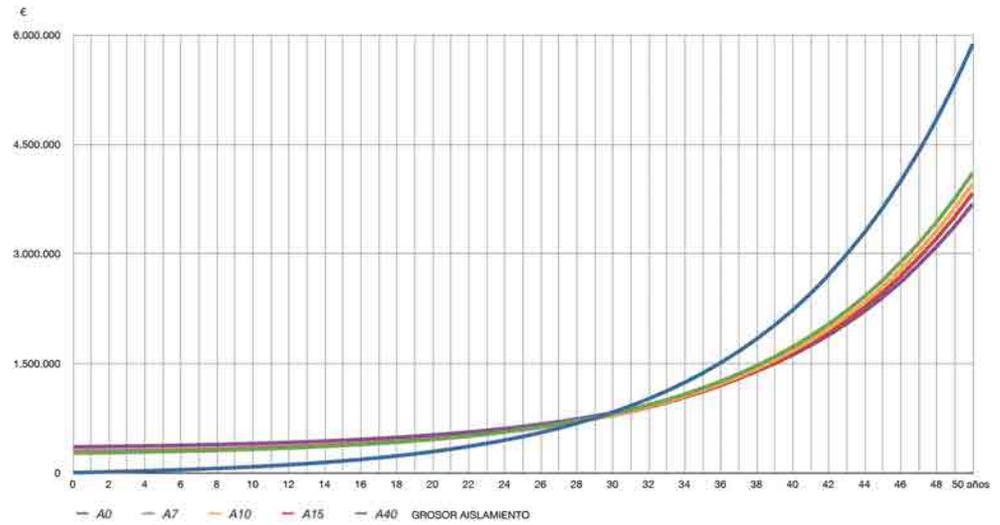


Gráfica 7.76. Bloque UNI14- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 2 ventilada y carpintería de madera, incremento del precio de la energía con un 6% anual.

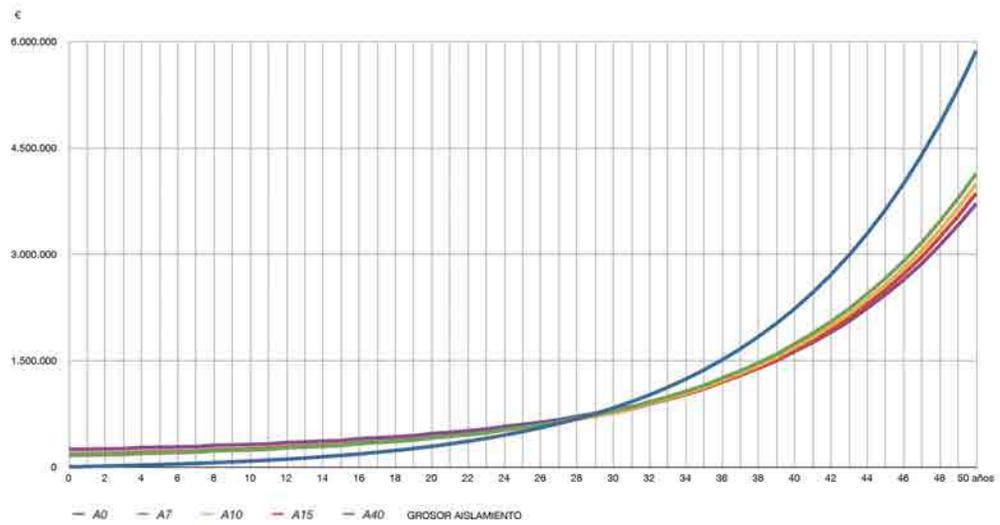
la solución constructiva T1 superpuesta y carpintería en aluminio, con 40 cm de aislamiento, se evidencia un consumo de 1.143.347 €, lo que representaría una reducción de un 19,23%, respecto del edificio sin rehabilitar.

En el supuesto escenario 3, sobre un incremento del precio de la energía anual de un 10%, se evidencia entre los años 28 a 32, un equilibrio económico entre el coste de la energía acumulado y el coste de rehabilitación, con las dos la soluciones constructivas, carpintería en madera y aluminio, con los diferentes grosores 7,10,15 y 40 cm. (Ver gráficas 7.73 a 7.76 y documentos complementarios 7.4 Bloque UNI14 optimización punto de equilibrio en la rehabilitación de la piel del edificio, año 2012).

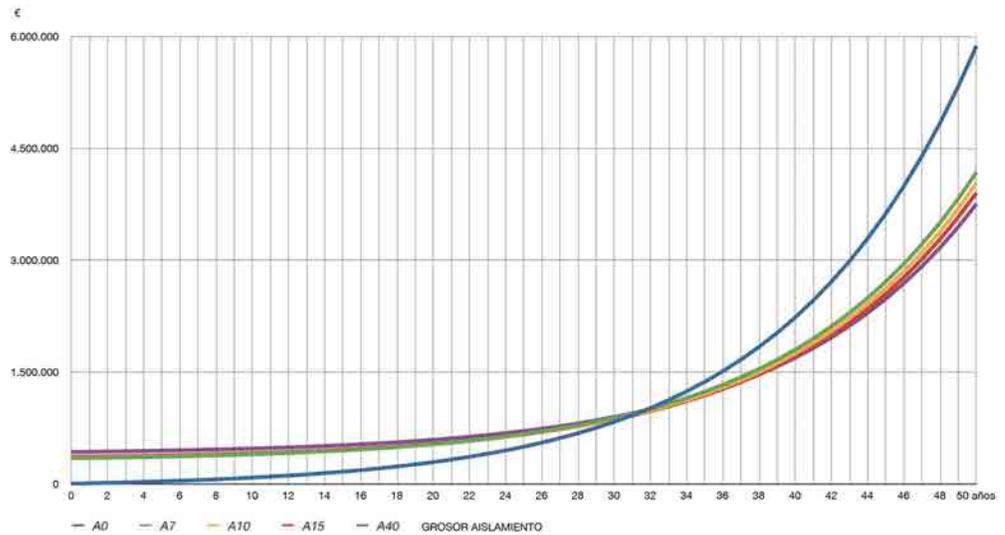
Sin embargo, en el año 25, se manifiesta un déficit económico y el equilibrio se logrará únicamente a partir del año 28. Para el año 50, la gráfica demuestra que la mejor opción sería la utilización de la solución constructiva T1 superpuesta con carpintería en aluminio y 40 cm de grosor, la cual representaría una reducción del consumo del 37,30%, con un valor de 2.191.512 €. A largo plazo los mayores grosores favorecen un menor consumo, pero los valores de 10 y 15 cm de aislamiento, también estarán próximos a los resultados de la utilización de un grosor de 40 cm.



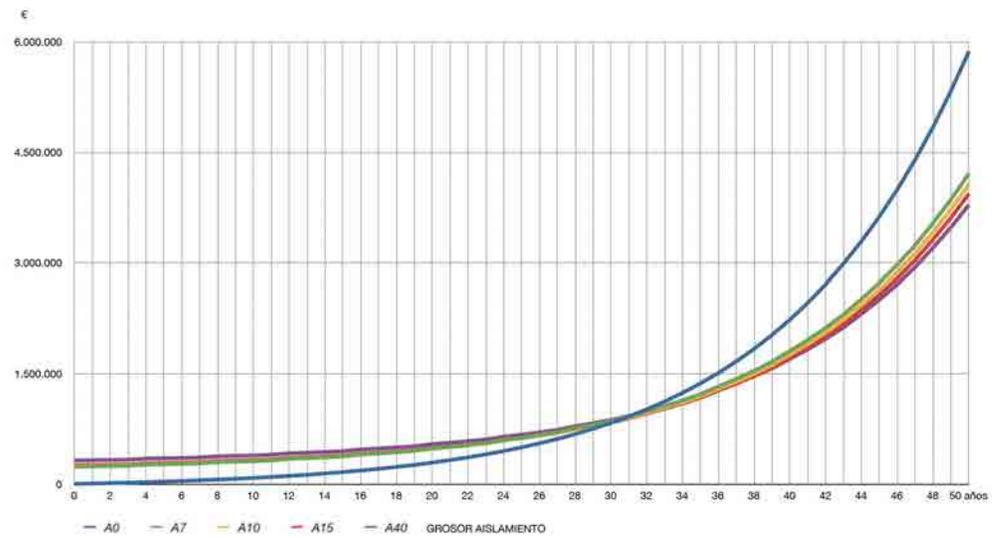
Gráfica 7.77. Bloque UNI14- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 1 superpuesta y carpintería de aluminio, incremento del precio de la energía con un 10% anual.



Gráfica 7.78. Bloque UNI14- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 1 superpuesta y carpintería de madera, incremento del precio de la energía con un 10% anual.



Gráfica 7.79. Bloque UNI14- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 2 ventilada y carpintería de aluminio, incremento del precio de la energía con un 10% anual.



Gráfica 7.80. Bloque UN114- Optimización - punto de equilibrio solución constructiva tipo 2 ventilada y carpintería de madera, incremento del precio de la energía con un 10% anual.

7.6

Eficiencia entre emisiones de CO₂ eq y coste económico

En los apartados anteriores se ha analizado el punto óptimo o de cruce de las diversas opciones constructivas propuestas, con sus respectivas carpinterías y grosores de aislamiento, antes y después de la intervención en los edificios. Es necesario entonces, establecer un parámetro de selección – en este caso las emisiones de CO₂ eq- y su relación con los tres escenarios económicos propuestos, para obtener unas líneas de mejora que permitan establecer las ventajas que se producen –energéticas, emisiones y económicas- en función del tipo constructivo estándar propuesto, con las respectivas carpinterías y grosores de aislamiento. El punto estratégico a analizar, serán las emisiones de CO₂ eq, ya que las implicaciones en su reducción, sobrepasarán las implicaciones meramente económicas a nivel local, para convertirse en un asunto global.

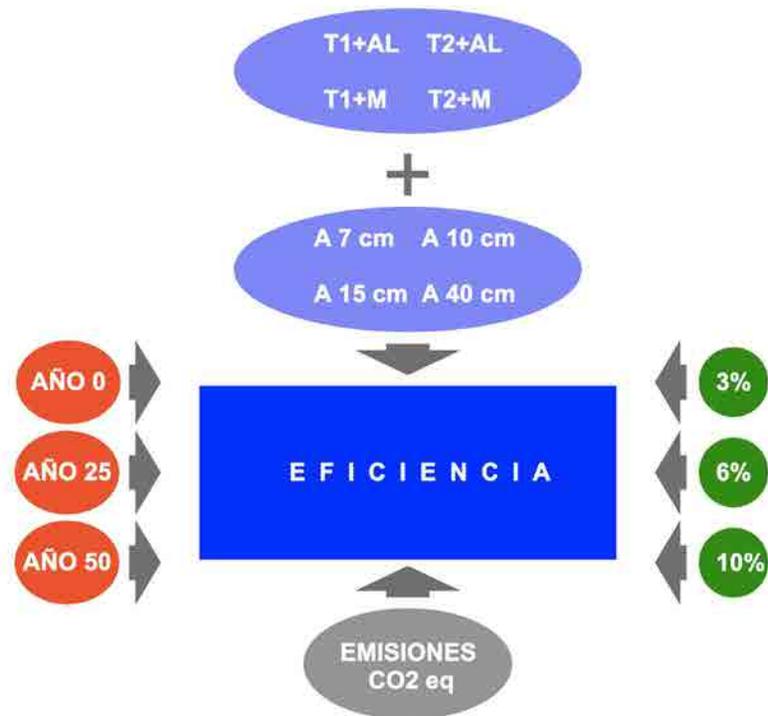


Figura 7.2. Esquema explicativo análisis del punto más eficiente de las soluciones constructivas propuestas entre las emisiones de CO₂ eq y el coste económico de estas en los años 0, 25 y 50.

Se establecerá una relación entre las emisiones de CO₂ eq y el coste económico -3%, 6%, 10% de diferencia del acumulado anual-, del edificio sin rehabilitar y del edificio tras la intervención. Los valores que se analizan son la diferencia entre los costes anuales acumulados del edificio antes de la rehabilitación y los valores anuales acumulados del edificio ya rehabilitado con las diversas soluciones propuestas, más el coste económico y de emisiones resultantes de las mejoras en la envolvente. Se partirá del análisis de su comportamiento en el año cero –donde todas las opciones son idénticas- y los valores serán negativos, -ya que se debe realizar una inversión inicial para mejorar la envolvente de los edificios-, luego en el año 25, mediano plazo y finalmente, el año 50. En este último caso se pueden obtener valores positivos o negativos, en función del equilibrio entre el coste de inversión y el consumo del edificio con la envolvente mejorada¹¹, con las soluciones constructivas propuestas y sus respectivos grosores. Este análisis mostrará los resultados de emisiones de CO₂ eq en relación con los costes económicos, con las dos soluciones constructivas propuestas, con sus carpinterías y grosores de aislamiento más eficientes, para cada uno de los edificios estudiados.

¹¹ EOTA- European Organisation for Technical Assessment-1999, establece una vida útil estimada ilustrativa de productos para obras y construcciones donde establece una categoría de la vida útil estimada de las obras en: Breve 10 años, media 25 años, normal 50 años y larga 100 años. Serán estos entonces los plazos adoptados para los periodos en el presente estudio.

Eficiencia Bloque A

El Bloque A es un edificio tipo dúplex. En los tres puntos temporales establecidos –0, 25 y 50 años-, en este caso, se evidencia la reducción de emisiones junto con el coste económico sobre los años 25 y 50 (Ver

Gráficas 7.81 a 7.84 y Cuadro 7.1 Bloque A Eficiencia. Reducción de emisiones de CO2 eq y reducción coste económico en la rehabilitación de la piel del edificio, año 0-25-50).

Año	Kg CO2 eq			Coste 3%			Coste 6%			Coste 10%		
	0	25	50	0	25	50	0	25	50	0	25	50
T1 + Aluminio												
A7	-679.829	70.421	820.671	-599.594	-318.509	270.019	-599.594	-164.293	1.703.960	-599.594	210.147	8.983.447
A10	-711.292	78.633	868.558	-610.499	-314.844	304.192	-610.499	-152.634	1.812.465	-610.499	241.216	9.469.298
A15	-769.920	56.080	882.080	-637.384	-328.623	317.854	-637.384	-159.222	1.892.986	-637.384	252.086	9.889.237
A40	1.057.988	-180.088	697.812	-751.209	-423.333	263.166	-751.209	-243.445	1.935.810	-751.209	193.326	10.427.085
T1 + Madera												
A7	-134.502	568.939	1.272.379	-363.064	-236.721	197.065	-363.064	-82.505	1.631.006	-363.064	291.935	8.910.492
A10	-165.965	577.151	1.320.266	-373.969	-233.056	231.238	-373.969	-70.846	1.739.510	-373.969	323.004	9.396.344
A15	-224.593	554.597	1.333.788	-400.854	-246.835	244.900	-400.854	-77.434	1.820.032	-400.854	333.874	9.816.283
A40	-512.661	318.430	1.149.520	-514.678	-341.545	202.214	-514.678	-161.657	1.862.855	-514.678	275.114	10.354.131
T2 + Aluminio												
A7	-716.785	33.465	783.715	-624.244	-343.159	245.370	-624.244	-188.943	1.679.311	-624.244	185.497	8.958.797
A10	-730.494	59.431	849.356	-635.784	-340.129	278.907	-635.784	-177.919	1.787.180	-635.784	215.931	9.444.013
A15	-756.336	69.664	895.664	-662.115	-353.354	293.123	-662.115	-183.953	1.868.255	-662.115	227.355	9.884.506
A40	-890.145	-12.245	865.655	-778.888	-451.012	235.487	-778.888	-271.124	1.908.130	-778.888	165.647	10.399.406
T2 + Madera												
A7	-171.457	531.983	1.235.423	-387.713	-261.371	172.415	-387.713	-107.155	1.606.356	-387.713	267.285	8.885.843
A10	-185.187	557.948	1.301.064	-399.254	-258.341	205.953	-399.254	-96.131	1.714.225	-399.254	297.719	9.371.059
A15	-211.009	568.182	1.347.372	-425.585	-271.566	220.168	-425.585	-102.166	1.795.300	-425.585	309.143	9.791.552
A40	-344.818	486.273	1.317.363	-542.358	-369.224	162.532	-542.358	-189.337	1.835.176	-542.358	247.435	10.326.452

Nota. Resaltado con color. Mayor reducción de emisiones de CO2 eq y su relación con los diversos costes económicos, para los años 25 y 50

Cuadro 7.1. Bloque A Eficiencia. Reducción de emisiones de CO2 eq y reducción coste económico en la rehabilitación de la piel del edificio, año 0-25-50.

En las gráficas, se muestra la evolución –resultados de la diferencia entre edificio sin rehabilitar y las diversas propuestas de rehabilitación– de las emisiones de CO2 eq, con la utilización de las envolventes de los diversos grosores para los años propuestos y el incremento del precio de la energía supuesto. El año 0 es idéntico para todas las propuestas constructivas y escenarios económicos, pues es este el año donde se ha de producir la inversión en la rehabilitación de la fachada.

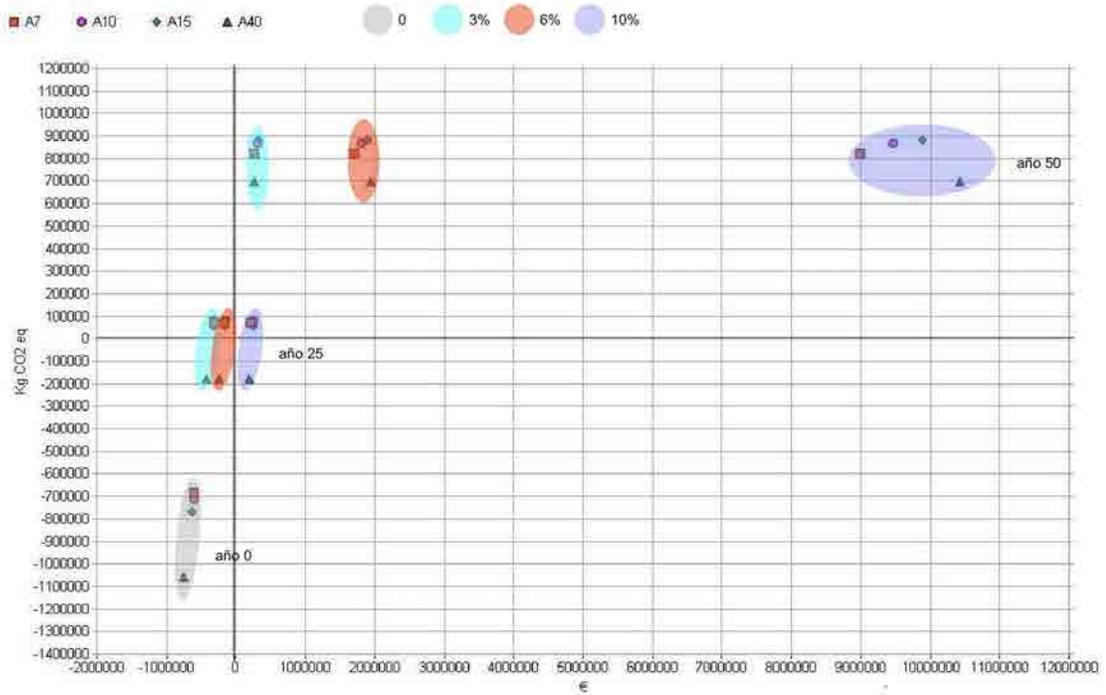
Los resultados a mediano plazo - en el año 25 – utilizando las soluciones constructivas T1 superpuesta y T2 ventilada con carpintería en madera y con los grosores entre 7 y 15 cm, evidencian valores de reducción para las emisiones de CO2 eq similares, siendo un poco más elevados para el grosor de 15 cm de aislamiento. Suponiendo los escenarios de diferencia de 3 y 6% del coste de la energía acumulada, se muestra una situación de déficit en cuanto a costes. Para el caso de un supuesto incremento del coste de energía de un 10%, la gráfica muestra, en el año 25, un beneficio de la inversión realizada. (Ver gráficas 7.83 y 7.84 y Cuadro 7.1 Bloque A Eficiencia. Reducción de emisiones de CO2 eq y reducción coste económico en la rehabilitación de la piel del edificio, año 0-25-50)

Para el año 50, la gráfica evidencia que la utilización de las soluciones T1 superpuesta o T2 ventilada, con carpintería en madera y 15 cm de aislamiento, lograría una mejor relación entre la reducción de emisiones de CO₂ eq y una recuperación de la inversión (Ver gráficas 7.83 y 7.84). En los tres escenarios económicos supuestos, se muestra en este plazo, la recuperación de la inversión realizada. En el año 50, para el caso de la solución constructiva T1 superpuesta con carpintería en madera y 15 cm de aislamiento, se logrará una disminución de 1.333.768 Kg CO₂ eq. Con la diferencia del 3% del coste económico de energía acumulado anual, la diferencia tras la rehabilitación será de 244.214 €. En el escenario contemplando sobre la diferencia del 6%, acusa 1.820.032 € y con el 10% de la diferencia, resulta la cifra de 9.816.263 €.

Al utilizar la solución constructiva T2 ventilada, con carpintería en madera y 15 cm de aislamiento, se obtendría una disminución de 1.347.372 Kg CO₂ eq, con un beneficio económico, en el caso del 3% de la diferencia del coste económico de energía anual acumulado de 220.168 €, en el caso del 6% de 1.795.300 € y finalmente en el caso del 10%, se evidencia la cifra de 9.791.552 €.

Las soluciones constructivas T1 superpuesta y T2 ventilada con carpintería de aluminio, acusan una inversión inicial elevada en emisiones de CO₂ eq, que se estabilizará en el paso del tiempo, pero será siempre superior a los resultados con la utilización de las soluciones propuestas con carpintería en madera. El coste económico de la diferencia establecida será muy similar al coste de la utilización de la carpintería en madera y su amortización dará valores muy parecidos entre ellos. En los capítulos anteriores se ha hecho énfasis en la necesidad de la correcta selección de los materiales para lograr la reducción de emisiones a la atmósfera y el equilibrio económico a corto plazo. Finalmente, las gráficas evidencian la importancia en la reducción de CO₂ eq y el coste económico con la utilización de las soluciones constructivas propuestas con carpintería en madera.

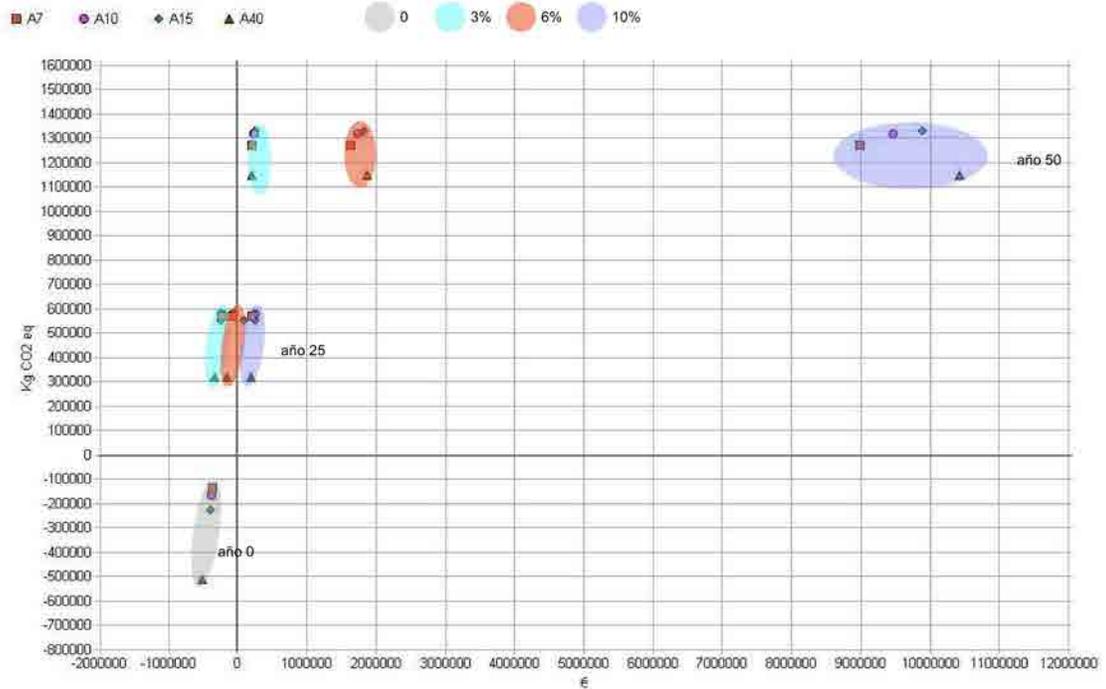
Este análisis permite afirmar que la mejor propuesta constructiva para el Bloque A sería T2 ventilada con carpintería de madera y un grosor de aislamiento de 15 cm. El intervalo óptimo se puede leer entre los 10 y 15 cm. Los valores inferiores y superiores producen unos resultados menores en cuanto a emisiones de CO₂ eq, ya sea por la mayor inversión inicial que se produce en los grosores de 40 cm o por la menor reducción en las emisiones durante la etapa de vida del edificio.



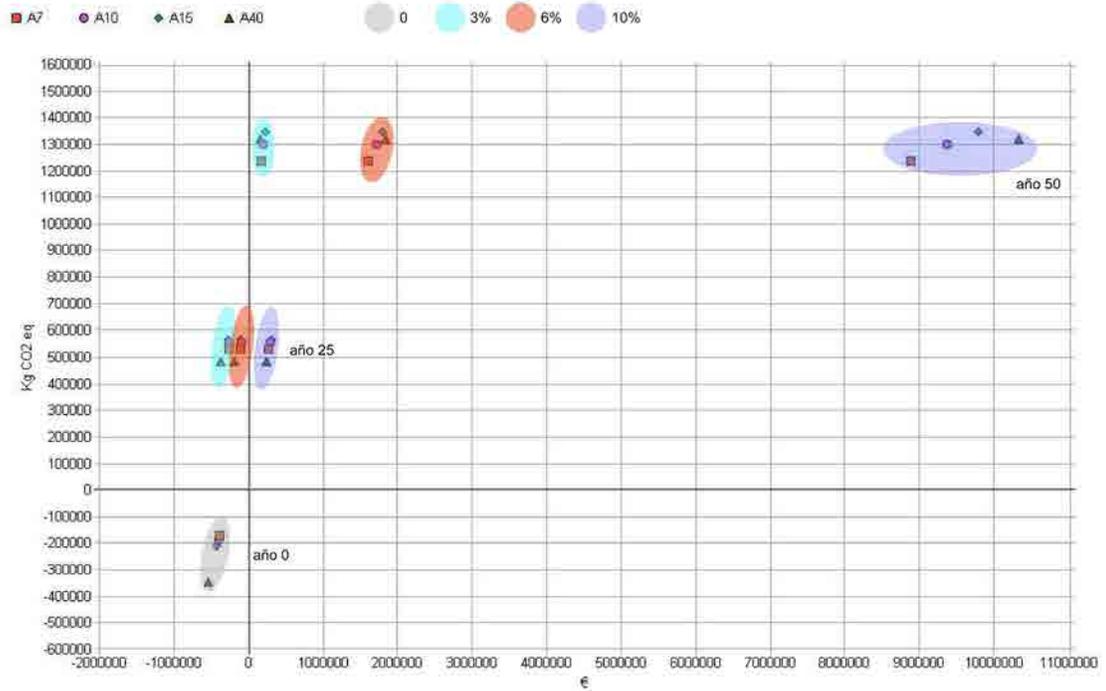
Gráfica 7.81. Bloque A, T1 + aluminio. Eficiencia. Reducción de emisiones de CO2 eq y reducción coste económico en la rehabilitación de la piel del edificio, año 0-25-50.



Gráfica 7.82. Bloque A, T2 + aluminio. Eficiencia. Reducción de emisiones de CO2 eq y reducción coste económico en la rehabilitación de la piel del edificio, año 0-25-50.



Gráfica 7.83. Bloque A, T1 + madera. Eficiencia. Reducción de emisiones de CO2 eq y reducción coste económico en la rehabilitación de la piel del edificio, año 0-25-50.



Gráfica 7.84. Bloque A, T2 + madera. Eficiencia. Reducción de emisiones de CO2 eq y reducción coste económico en la rehabilitación de la piel del edificio, año 0-25-50.

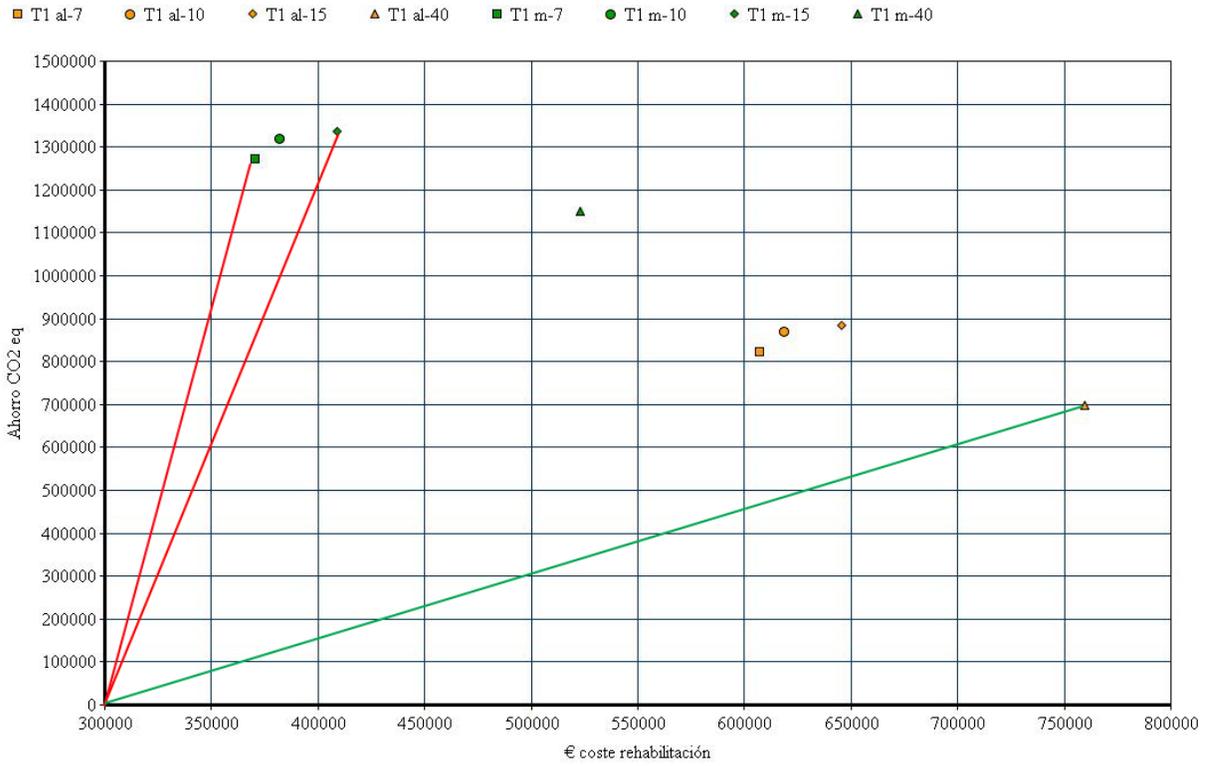
Un resumen de los anteriores análisis consistiría en relacionar la inversión en rehabilitación de la piel del edificio y la reducción de emisiones de CO₂ eq con el paso del tiempo –en este caso el año 50-. De esta manera podemos valorar los resultados obtenidos y relacionarlos con el ángulo que se produce de unir el punto cero con el punto estudiado y el eje de abscisas. El mayor ángulo nos indicara la opción optima de rehabilitación y el menor la mas deficiente. Entre estas dos dispondremos del resto de ángulos que nos proporcionara una orientación del tipo de propuestas mas viables.

En el Bloque A (Ver Cuadro 7.2 Bloque A, Eficiencia entre inversión de rehabilitación € y reducción de emisiones de CO₂ eq en el año 50 y Gráficas 7.85 y 7.86) las gráficas muestran que el punto de mayor ángulo se produce con carpintería de madera, con un grosor de 7cm de aislamiento para cualquiera de las dos propuestas constructivas. El de menor ángulo se produce con carpintería de aluminio con un grosor de 40 cm para las soluciones T1 superpuesta y T2 ventilada.

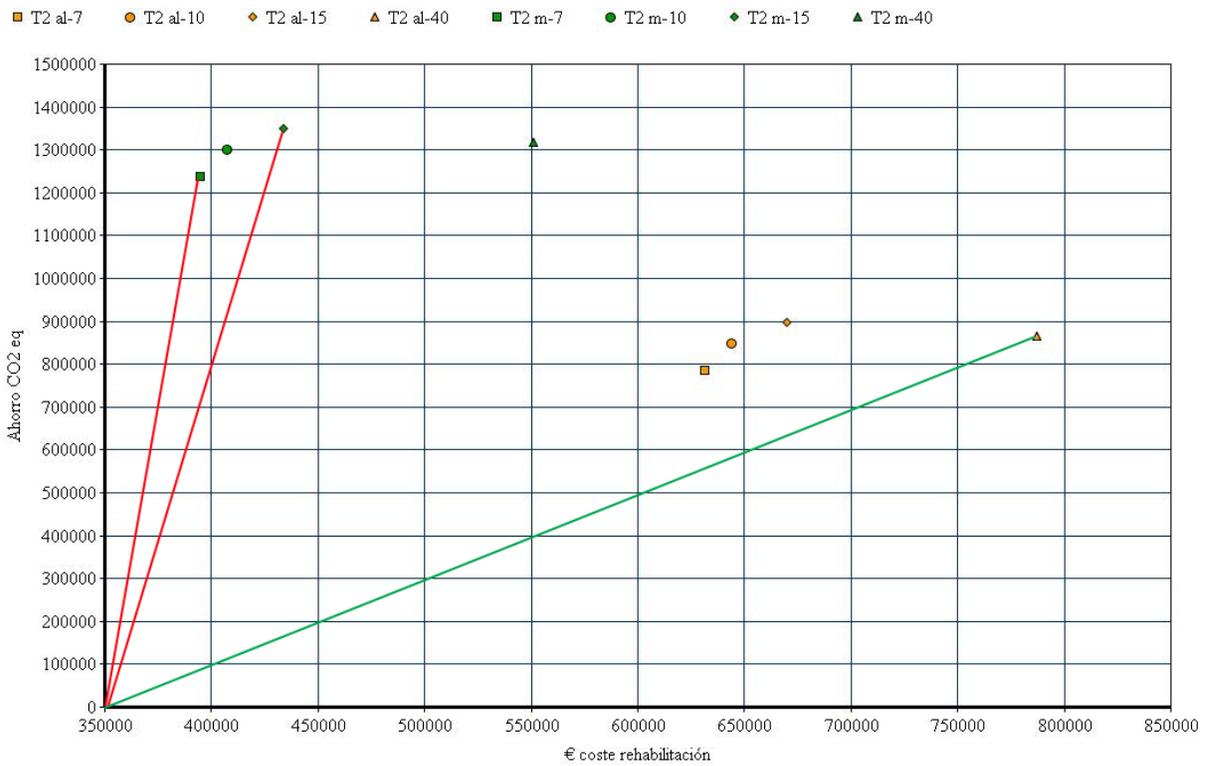
El punto mas eficiente entre inversión y reducción de emisiones de CO₂ eq será el T2 con carpintería en madera y 7 cm de aislamiento que reduciría las emisiones en 1.235.423 Kg CO₂ eq con una inversión de 395.198 €. Los ángulos de T2 ventilada con los grosores de 7, 10 y 15 cm son muy próximo como se puede comprobar en las graficas (Ver gráfica 7.86), el grosor de 15 cm es el que produciría una mayor reducción de emisiones de CO₂ eq pero con un coste económico un poco mas elevado.

Cuadro 7.2 Bloque A, Eficiencia entre inversión de rehabilitación € y reducción de emisiones de CO₂ eq en el año 50.

Propuesta constructiva	T1-7	T1-10	T1-15	T1-40		T1-7	T1-10	T1-15	T1-40
Carpintería AL €	607.079	618.372	645.606	759.940	Carpintería M €	370.549	381.842	409.076	523.409
Reducción CO ₂ eq	820.671	868.558	882.080	697.812	Reducción CO ₂ eq	1.272.379	1.320.266	1.333.788	1.149.520
Propuesta constructiva	T2-7	T2-10	T2-15	T2-40		T2-7	T2-10	T2-15	T2-40
Carpintería AL €	631.729	643.657	670.337	787.619	Carpintería M €	395.198	407.127	433.807	551.089
Reducción CO ₂ eq	783.715	849.356	895.664	865.655	Reducción CO ₂ eq	1.235.423	1.301.064	1.347.372	1.317.363



Gráfica 7.85 Bloque A T1, Eficiencia entre inversión de rehabilitación € y reducción de emisiones de CO2 eq en el año 50.



Gráfica 7.86 Bloque A T2, Eficiencia entre inversión de rehabilitación € y reducción de emisiones de CO2 eq en el año 50.

Eficiencia Bloque EF

El bloque EF es un bloque lineal con 4 escaleras y dos viviendas por planta. En el año 0 es cuando se produce la inversión de rehabilitación y la inversión es deficitaria –el proceso de rehabilitación producirá más emisiones que las emitidas en todo un año-. A partir de los siguientes años, se evidenciará la reducción de emisiones a la par con el coste económico (Ver Gráficas 7.87 a 7.90 y Cuadro 7.3 Bloque EF Eficiencia. Reducción de emisiones de CO2 eq y reducción coste económico en la rehabilitación de la piel del edificio, año 0-25-50).

Año	Kg CO2 eq			Coste 3%			Coste 6%			Coste 10%		
	0	25	50	0	25	50	0	25	50	0	25	50
T1 + Aluminio												
A7	-515.919	65.431	646.761	-577.009	-360.290	93.470	-577.009	-241.388	1.199.051	-577.009	47.308	6.811.599
A10	-505.172	110.353	725.878	-595.510	-365.986	114.587	-595.510	-240.058	1.285.495	-595.510	65.697	7.229.680
A15	-664.315	-23.940	616.435	-639.694	-400.706	99.681	-639.694	-269.587	1.318.866	-639.694	48.775	7.508.132
A40	-1.130.999	-456.274	218.451	-824.860	-572.579	-44.358	-824.860	-434.166	1.242.645	-824.860	-96.095	7.776.191
T1 + Madera												
A7	-196.822	357.138	911.097	-438.604	-312.482	50.781	-438.604	-193.530	1.156.362	-438.604	96.166	6.768.910
A10	-249.075	339.060	927.194	-457.105	-318.128	71.898	-457.105	-192.200	1.242.806	-457.105	113.555	7.186.991
A15	-345.218	267.767	880.751	-501.289	-352.848	56.991	-501.289	-221.729	1.276.177	-501.289	96.633	7.465.442
A40	-811.902	-164.567	482.767	-686.455	-524.721	-87.047	-686.455	-386.308	1.199.956	-686.455	-50.237	7.783.502
T2 + Aluminio												
A7	-542.632	38.718	620.068	-596.730	-380.011	73.750	-596.730	-261.109	1.179.331	-596.730	27.587	6.791.878
A10	-564.243	51.282	666.807	-618.327	-388.803	91.770	-618.327	-262.875	1.262.678	-618.327	42.880	7.206.863
A15	-603.796	36.579	676.954	-661.555	-422.567	77.819	-661.555	-291.448	1.297.004	-661.555	26.914	7.486.270
A40	-804.232	-129.507	545.218	-851.810	-599.529	-71.307	-851.810	-461.115	1.215.695	-851.810	-125.045	7.749.241
T2 + Madera												
A7	-223.535	330.424	884.384	-460.325	-334.153	29.060	-460.325	-215.251	1.134.641	-460.325	73.445	6.747.189
A10	-245.146	342.980	931.123	-479.922	-340.945	49.081	-479.922	-215.017	1.219.989	-479.922	90.798	7.164.174
A15	-284.699	328.285	941.270	-523.150	-374.710	35.130	-523.150	-243.590	1.254.315	-523.150	74.772	7.443.581
A40	-485.135	162.200	809.534	-713.405	-551.671	-113.997	-713.405	-413.257	1.173.008	-713.405	-77.187	7.706.552

Nota. Resaltado con color. Mayor reducción de emisiones de CO2 eq y su relación con los diversos costes económicos, para los años 25 y 50

Cuadro 7.3. Bloque EF Eficiencia. Reducción de emisiones de CO2 eq y reducción coste económico en la rehabilitación de la piel del edificio, año 0-25-50.

Las Gráficas evidencian la evolución de las emisiones de CO2 eq, con los diversos grosores para los años supuestos y con los tres incrementos de energía valorados. El año 0 es idéntico para todas las propuestas constructivas y escenarios, pues es el año donde se ha de producir la inversión en la rehabilitación de la fachada.

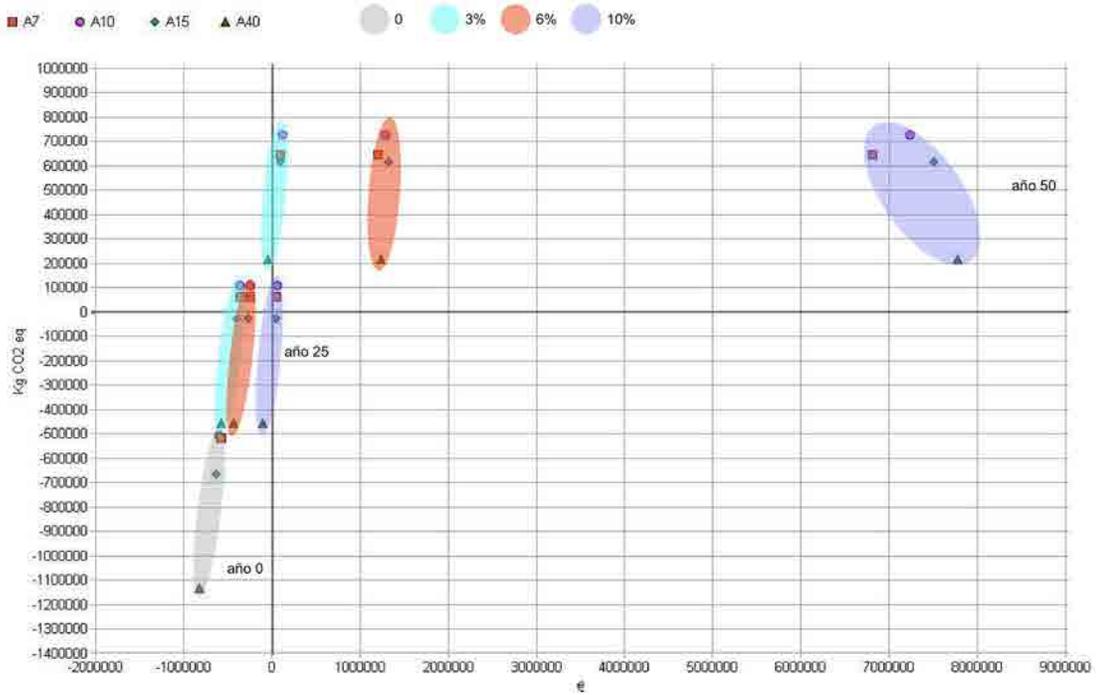
En el año 25 la intervención con las soluciones T1 superpuesta y T2 ventilada con carpintería de madera y grosores entre 7 y 15 cm, demuestran en la gráfica, valores de reducción de emisiones de CO2 eq muy próximos entre ellos, siendo el más elevado el cambio con la solución constructiva T1 superpuesta con carpintería de madera y 7 cm de aislamiento. En el caso de la utilización para la rehabilitación con las soluciones T1 y T2 con carpintería en aluminio, se evidencia un alejamiento de los valores de las mismas soluciones utilizando la carpintería en madera y algunos presentan valores negativos.

En cuanto a costes, los escenarios del 3% y 6%, muestran una situación de déficit. Para el incremento del coste de la energía de un 10%, los resultados en la gráfica demuestran que en el año 25, se logra cubrir la inversión realizada con las dos soluciones y carpinterías propuestas, excepto en el caso de la utilización del recubrimiento de 40 cm. A corto plazo las opciones que evidencian una mayor disminución de emisiones de CO₂ eq, serán las soluciones T1 superpuesta y T2 ventilada con carpintería de madera y grosores entre 7 y 10 cm. Desde el punto de vista económico, las soluciones constructivas propuestas serán deficitarias, excepto sobre el supuesto incremento anual del 10% del precio de la energía acumulado. (Ver gráficas 7.87 a 7.89).

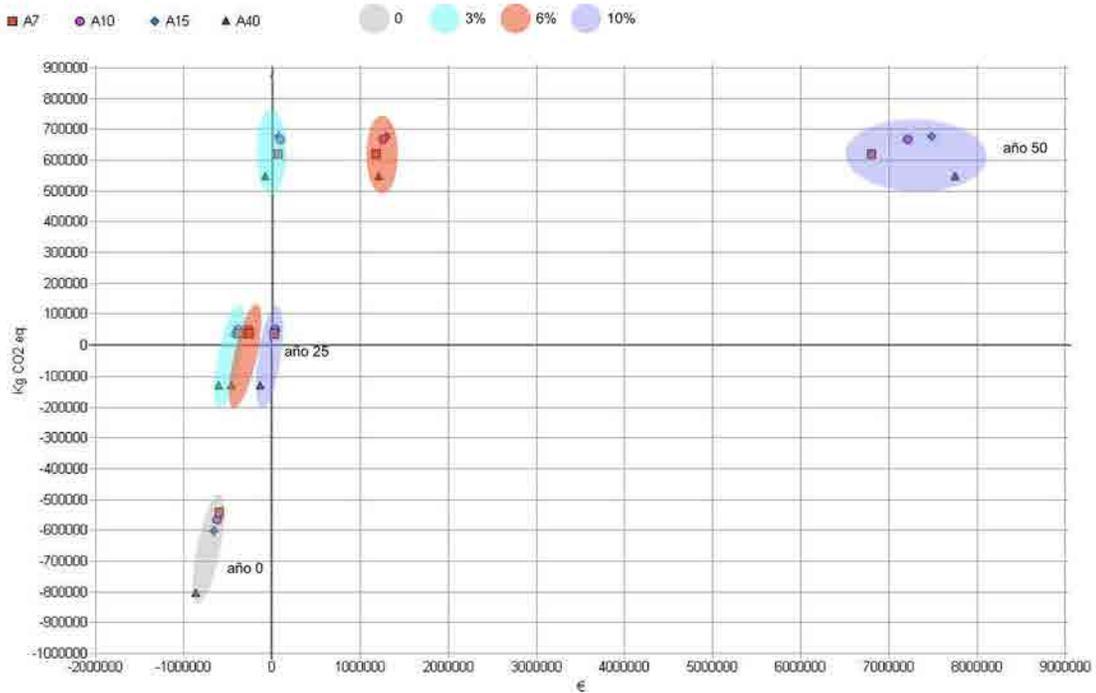
Para el año 50 –largo plazo-, en las gráficas se muestra que con la utilización de las soluciones T1 superpuesta y T2 ventilada, con carpintería de madera y 15 cm de aislamiento, se lograría una mejor relación entre la reducción de emisiones de CO₂ eq y una recuperación de la inversión, seguida, a corta distancia por el mismo tipo y carpintería de aluminio con un grosor de 10 cm (Ver gráficas 7.89 y 7.90 y Cuadro 7.3 Bloque EF Eficiencia. Reducción de emisiones de CO₂ eq y reducción coste económico en la rehabilitación de la piel del edificio, año 0-25-50). En los tres escenarios económicos, se evidencia la recuperación de la inversión, excepto para el coste del 3% y con un grosor de 40 cm de aislamiento. La mejor relación entre emisiones y coste, se lograría, según los resultados sobre la gráfica, utilizando la solución constructiva T2 ventilada y carpintería en madera con grosores de 10 a 15 cm. Con el grosor de 15 cm lograría una disminución de emisiones de 941.270 Kg CO₂ eq, con una reducción de costes de 35.130 € al 3%, 1.254.315 al 6% y finalmente 7.443.581 € al 10%.

Las soluciones constructivas T1 superpuesta y T2, ventilada con carpintería de aluminio acusan una inversión inicial elevada en emisiones de CO₂ eq, que se equilibra paulatinamente con el paso del tiempo, pero será siempre superior a los resultados con la utilización de propuestas con carpintería en madera.

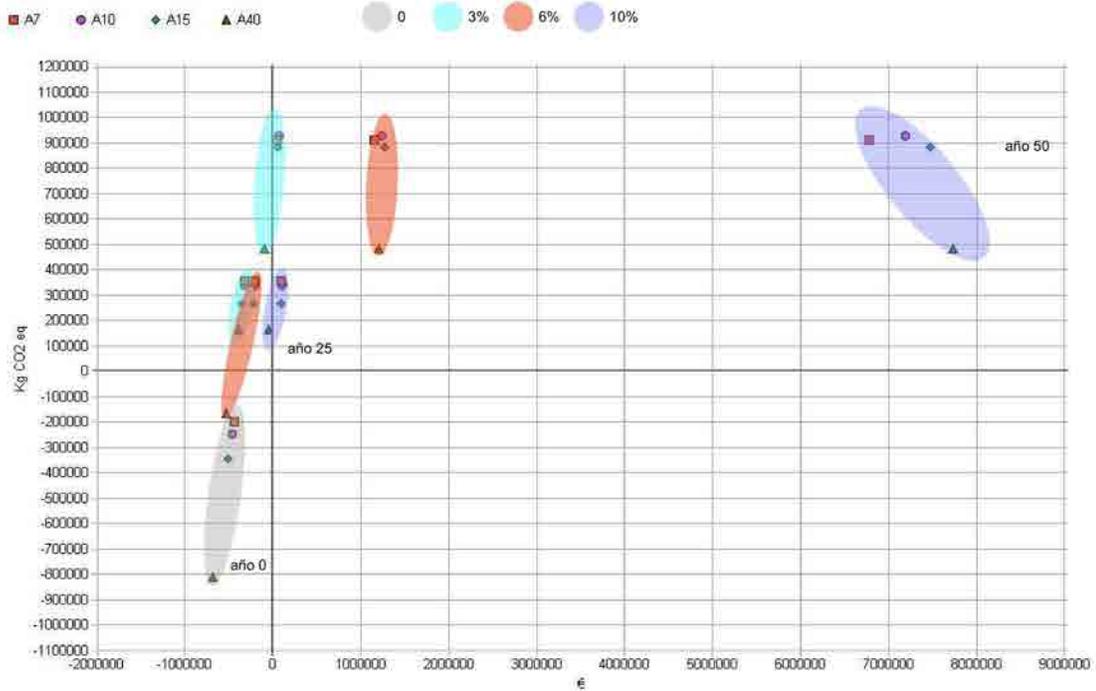
El análisis permite afirmar que la mejor propuesta constructiva para el Bloque EF a medio plazo -25 años- y plazo normal -50 años-, sería la utilización de la solución constructiva T2 ventilada con carpintería en madera y un grosor de aislamiento de 15 cm. El intervalo óptimo estaría entre los 10 y 15 cm de aislamiento. La propuesta constructiva T1 superpuesta con carpintería en madera para grosores entre 10 y 15 cm, proporcionan unos valores similares a la T2 ventilada y carpintería en madera aunque inferiores.



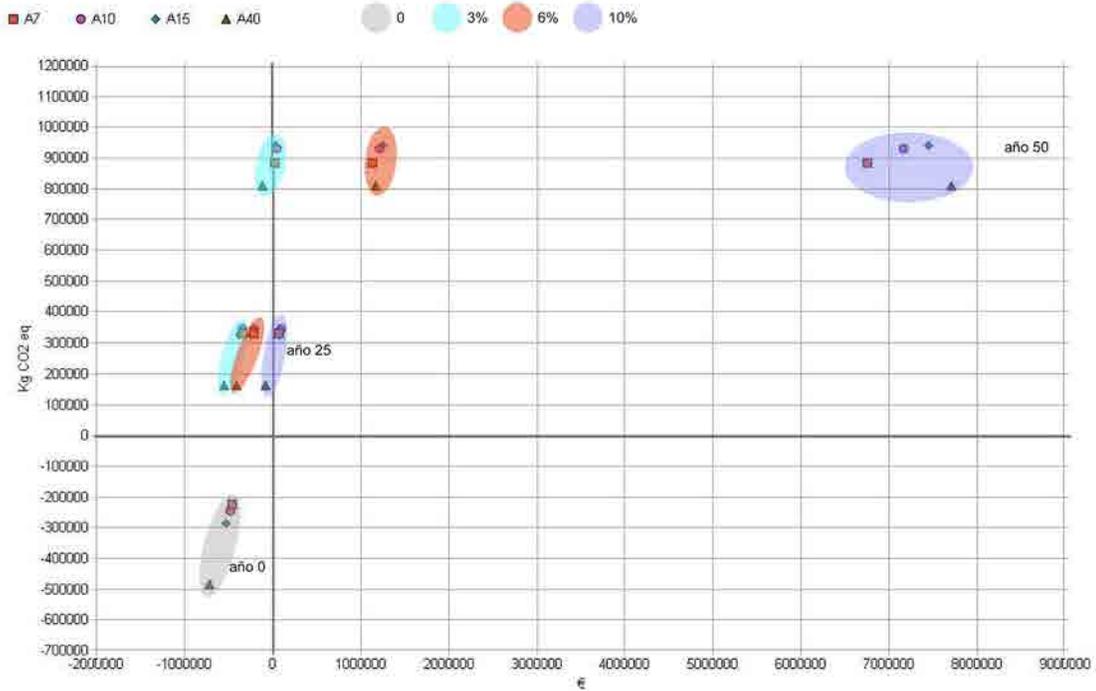
Gráfica 7.87. Bloque EF, T1 + aluminio. Eficiencia. Reducción de emisiones de CO2 eq y reducción coste económico en la rehabilitación de la piel del edificio, año 0-25-50.



Gráfica 7.88. Bloque EF, T2 + aluminio. Eficiencia. Reducción de emisiones de CO2 eq y reducción coste económico en la rehabilitación de la piel del edificio, año 0-25-50.



Gráfica 7.89. Bloque EF, T1 + madera. Eficiencia. Reducción de emisiones de CO2 eq y reducción coste económico en la rehabilitación de la piel del edificio, año 0-25-50.



Gráfica 7.90. Bloque EF, T2 + madera. Eficiencia. Reducción de emisiones de CO2 eq y reducción coste económico en la rehabilitación de la piel del edificio, año 0-25-50.

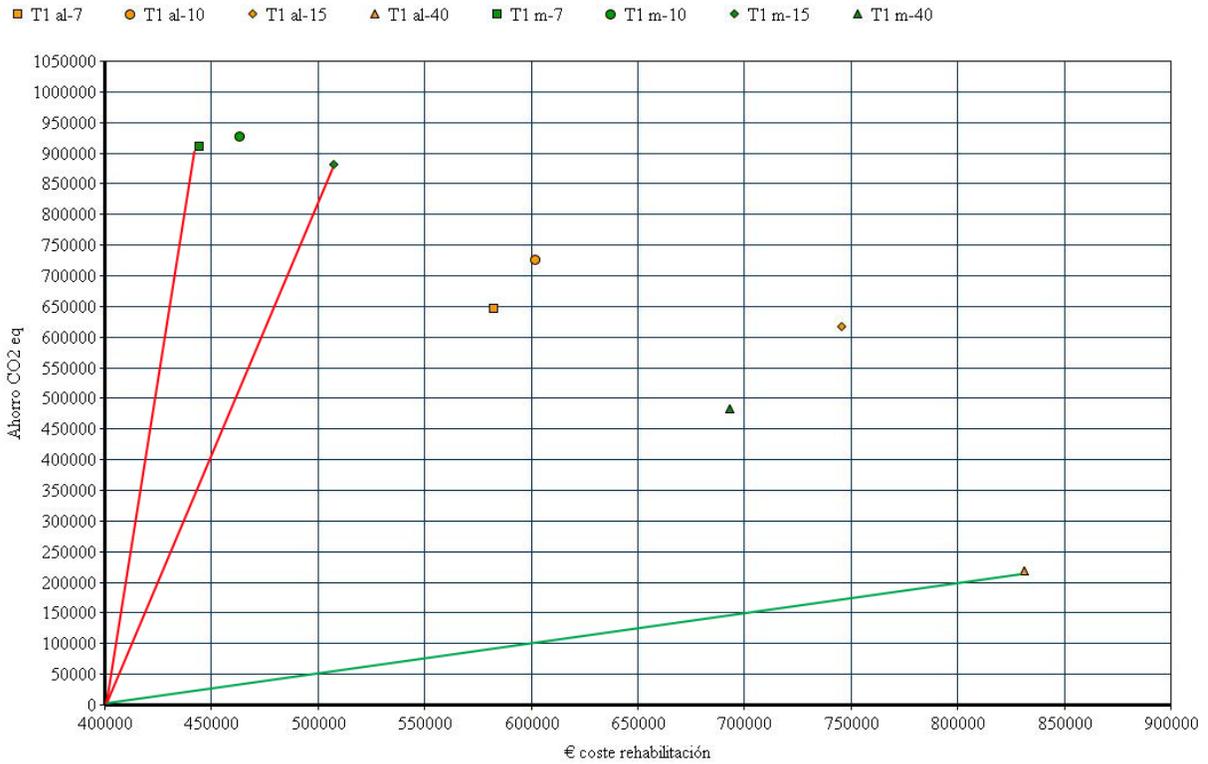
Como en el caso A, relacionamos la inversión en rehabilitación de la piel del edificio y la reducción de emisiones de CO₂ eq con el paso del tiempo -50 años-

En el Bloque EF (Ver Cuadro 7.4 Bloque EF, Eficiencia entre inversión de rehabilitación € y reducción de emisiones de CO₂ eq en el año 50 y Gráficas 7.91 y 7.92) las graficas muestran que el punto de mayor ángulo se produce con carpintería de madera, con un grosor de 7cm de aislamiento para cualquiera de las dos propuestas constructivas. El de menor ángulo se produce con carpintería de aluminio con un grosor de 40 cm para las soluciones T1 superpuesta y T2 ventilada.

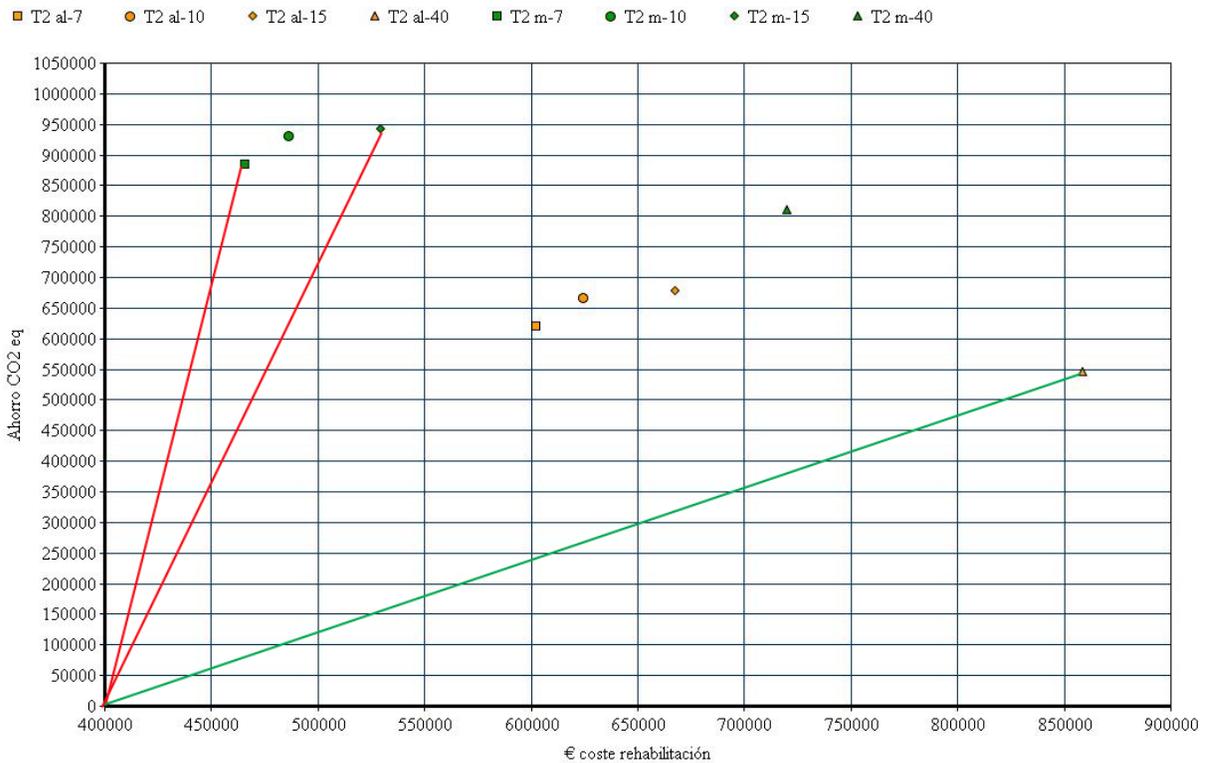
El punto mas eficiente entre inversión y reducción de emisiones de CO₂ eq será el T1 con carpintería en madera y 7 cm de aislamiento que reduciría las emisiones en 911.097 Kg CO₂ eq con una inversión de 444.375 €. Los ángulos de T1 superpuesta y T2 ventilada con los grosores de 7, 10 y 15 cm son muy próximo como se puede comprobar en las gráficas (Ver gráfica 7.91 y 7.92). Con T2 ventilada obtendríamos la máxima reducción de emisiones de CO₂ eq -941.270 Kg CO₂ eq- pero con un coste sensiblemente mas elevado de 941.270 €.

Cuadro 7.4 Bloque EF, Eficiencia entre inversión de rehabilitación € y reducción de emisiones de CO₂ eq en el año 50.

Propuesta constructiva	T1-7	T1-10	T1-15	T1-40		T1-7	T1-10	T1-15	T1-40
Carpintería AL €	582.780	601.622	646.058	831.578	Carpintería M €	444.375	463.217	507.653	693.173
Reducción CO ₂ eq	646.781	725.875	616.435	218.451	Reducción CO ₂ eq	911.097	927.194	880.751	482.767
Propuesta constructiva	T2-7	T2-10	T2-15	T2-40		T2-7	T2-10	T2-15	T2-40
Carpintería AL €	602.501	624.439	667.919	858.528	Carpintería M €	466.096	486.034	529.514	720.123
Reducción CO ₂ eq	620.068	666.807	676.954	545.218	Reducción CO ₂ eq	884.384	931.123	941.270	809.534



Gráfica 7.91 Bloque EF T1. Eficiencia entre inversión de rehabilitación € y reducción de emisiones de CO2 eq en el año 50.



Gráfica 7.92 Bloque EF T2. Eficiencia entre inversión de rehabilitación € y reducción de emisiones de CO2 eq en el año 50.

Eficiencia Bloque Q

El Bloque Q, es una torre de planta baja más 14 plantas y cuatro viviendas por planta. Las emisiones de CO₂ eq en el año 25, evidenciarán una reducción, únicamente utilizando las propuestas constructivas T1 superpuesta y T2 ventilada con carpintera de madera. En el año 50, las dos soluciones constructivas, ofrecen resultados en positivo, aunque las propuestas con carpintería de aluminio se encuentran a una distancia considerable del resto (Ver Gráficas 7.93 a 7.96 y Cuadro 7.5 Bloque Q Eficiencia. Reducción de emisiones de CO₂ eq y reducción coste económico en la rehabilitación de la piel del edificio, año 0-25-50).

Año	Kg CO ₂ eq			Coste 3%			Coste 6%			Coste 10%		
	0	25	50	0	25	50	0	25	50	0	25	50
T1 + Aluminio												
A7	-704.099	-223.999	256.101	-856.974	-482.014	-115.687	-856.974	-396.023	776.862	-656.974	-152.955	5.307.941
A10	-743.457	-231.207	281.043	-671.264	-484.475	-93.380	-671.264	-381.994	859.515	-671.264	-133.168	5.696.945
A15	-815.685	-273.310	269.065	-704.820	-507.403	-94.057	-704.820	-399.092	913.054	-704.820	-136.108	6.025.714
A40	-1.167.068	-580.668	5.732	-845.047	-631.934	-185.721	-845.047	-515.010	901.468	-845.047	-231.116	6.420.652
T1 + Madera												
A7	-166.992	267.004	701.000	-424.009	-401.452	-187.542	-424.009	-305.468	705.007	-424.009	-72.400	5.236.087
A10	-208.351	259.795	725.941	-438.299	-403.920	-165.235	-438.299	-301.439	787.660	-438.299	-52.613	5.625.091
A15	-278.578	217.693	713.964	-471.855	-426.849	-165.912	-471.855	-318.537	841.199	-471.855	-55.553	5.953.859
A40	-629.982	-89.666	450.630	-612.083	-551.379	-257.576	-612.083	-434.455	829.614	-612.083	-150.561	6.348.797
T2 + Aluminio												
A7	-703.742	-223.642	256.458	-662.113	-487.154	-120.827	-662.113	-391.163	771.722	-662.113	-158.094	5.302.802
A10	-718.733	-206.483	305.767	-677.275	-490.486	-99.392	-677.275	-388.005	853.503	-677.275	-139.179	5.690.934
A15	-745.959	-203.584	338.791	-710.071	-512.655	-99.309	-710.071	-404.343	907.802	-710.071	-141.360	6.020.463
A40	-885.615	-299.215	287.185	-854.345	-641.232	-195.019	-854.345	-524.308	892.171	-854.345	-240.414	6.411.354
T2 + Madera												
A7	-166.636	267.360	701.367	-429.149	-406.599	-192.682	-429.149	-310.608	699.667	-429.149	-77.540	5.230.947
A10	-181.627	284.519	750.665	-444.311	-409.932	-171.247	-444.311	-307.451	781.649	-444.311	-58.624	5.619.079
A15	-208.853	287.418	783.689	-477.107	-432.100	-171.164	-477.107	-323.788	835.948	-477.107	-60.805	5.948.608
A40	-348.498	191.798	732.094	-621.381	-560.677	-266.874	-621.381	-443.753	820.316	-621.381	-159.859	6.339.499

Nota. Resaltado con color. Mayor reducción de emisiones de CO₂ eq y su relación con los diversos costes económicos, para los años 25 y 50

Cuadro 7.5. Bloque Q Eficiencia. Reducción de emisiones de CO₂ eq y reducción coste económico en la rehabilitación de la piel del edificio, año 0-25-50.

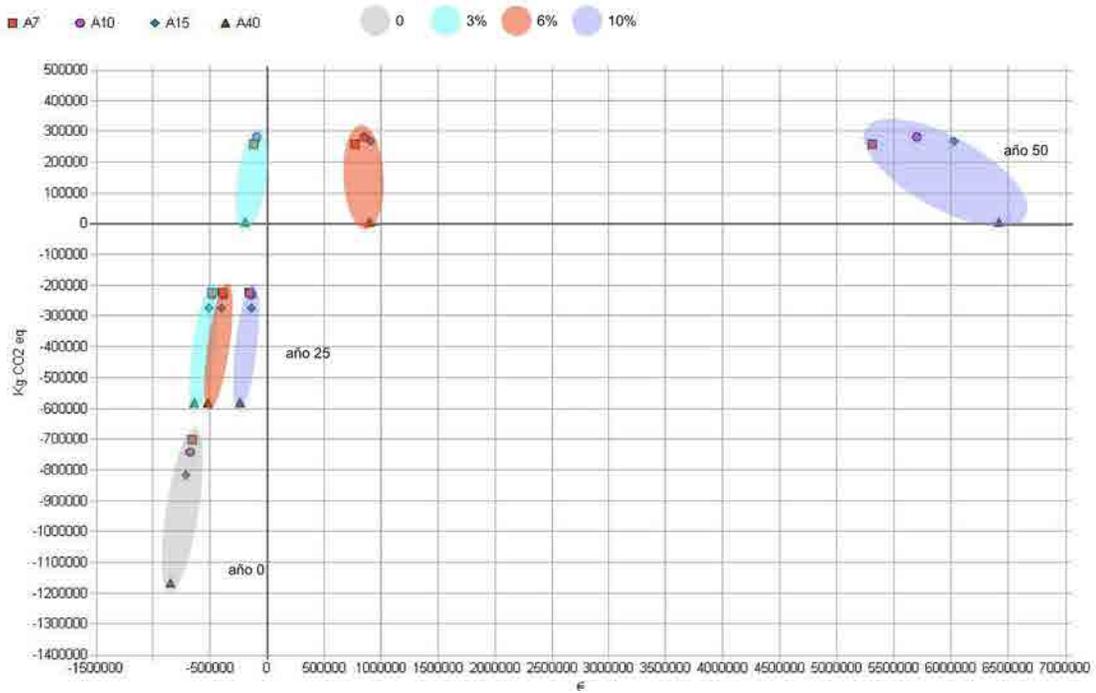
La gráfica muestra a medio plazo – en el año 25- que aún no se ha cubierto la inversión económica realizada en el año 0, para todas las soluciones constructivas y grosores y con una diferencia del coste de energía anual acumulado en los escenarios propuestos del 3%, 6%, 10%. Esto se debe a que el edificio Q, por sus características constructivas –edificio compacto con una proporción equilibrada de parte maciza y oberturas– tiene unos costes de calefacción sin rehabilitar de 9.935 €. En el caso de una intervención con cualquiera de las soluciones constructivas, ya sea con carpintería en madera o aluminio, con un aislamiento de 15 cm, el coste será de 4.678 € anuales. Por lo tanto, la inversión económica realizada necesitará de un tiempo superior para su amortización (Ver Documentos complementarios 7.3 Bloque Q Optimización punto de equilibrio en la rehabilitación de la piel del edificio, año 2102).

Para el año 50, se evidencia que con la utilización de las soluciones T1 superpuesta y T2 ventilada con carpintería de madera y 10 - 15 cm de aislamiento, se lograría una mejor relación entre la reducción de emisiones de CO₂ eq y una recuperación de la inversión en los escenarios de 6% y 10% de la diferencia del coste de energía acumulada anual. En el caso del 3%, la gráfica evidencia, que la utilización de las propuestas constructivas con sus respectivas carpinterías, manifestarían situaciones económicamente deficitarias. La recuperación de la inversión en este edificio sería menor debido a sus particularidades constructivas.

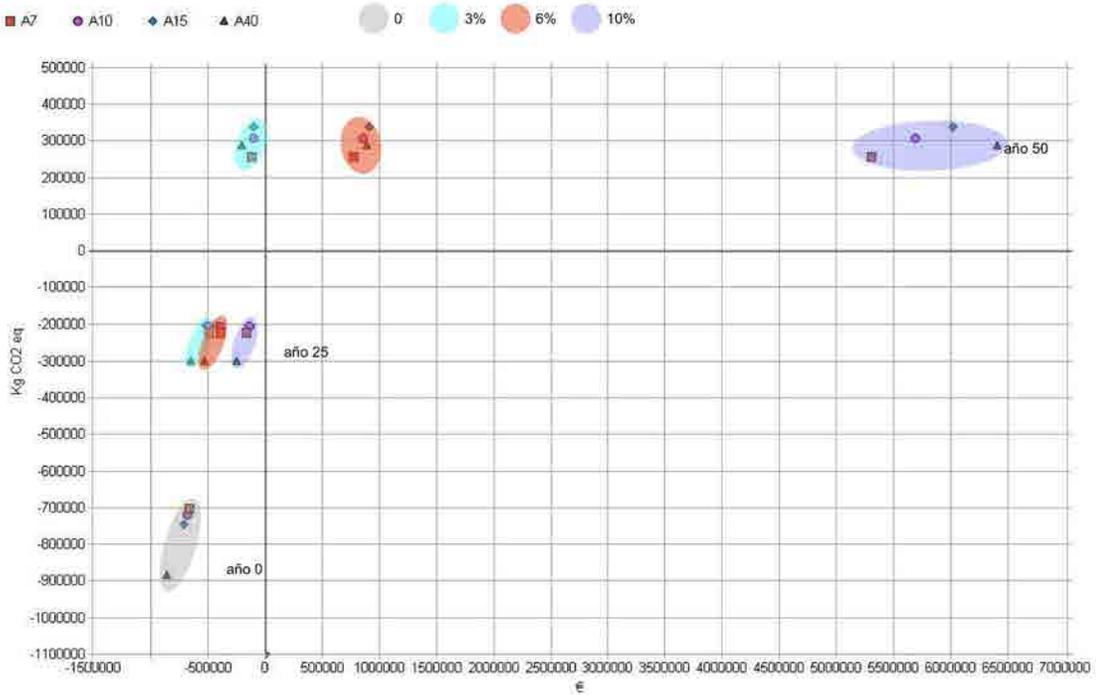
Las gráficas muestran que la propuesta más eficiente será la utilización de la solución constructiva T2 ventilada con carpintería de madera y grosor de 15 cm, que comporta una reducción de 783.689 Kg CO₂ eq y una reducción de costes anuales acumulados de incremento del precio de la energía de -171.164 € al 3%, 835.948 € al 6% y 5.948.608 € al 10%.(Ver gráficas 7.95 y 7.96 y Cuadro 7.5 Bloque Q Eficiencia. Reducción de emisiones de CO₂ eq y reducción coste económico en la rehabilitación de la piel del edificio, año 0-25-50)

En el año 50, en cuanto a costes económicos, las opciones utilizando las soluciones constructivas T1 superpuesta y T2 ventilada con carpintería de madera o aluminio en los escenarios del 6 y 10%, arroja resultados en positivo y en el caso del escenario supuesto del 3% de incremento del coste anual de la energía acumulada, la cifra será negativa. Así mismo, en cuanto a emisiones de CO₂ eq, las carpinterías de aluminio acusan una inversión inicial elevada, que se estabilizará con el paso del tiempo, pero que será siempre inferior a los resultados con la utilización de las soluciones propuestas con carpintería en madera. Las gráficas evidencian la importancia en la reducción de CO₂ eq y coste económico con la utilización de las soluciones constructivas propuestas y carpintería en madera.

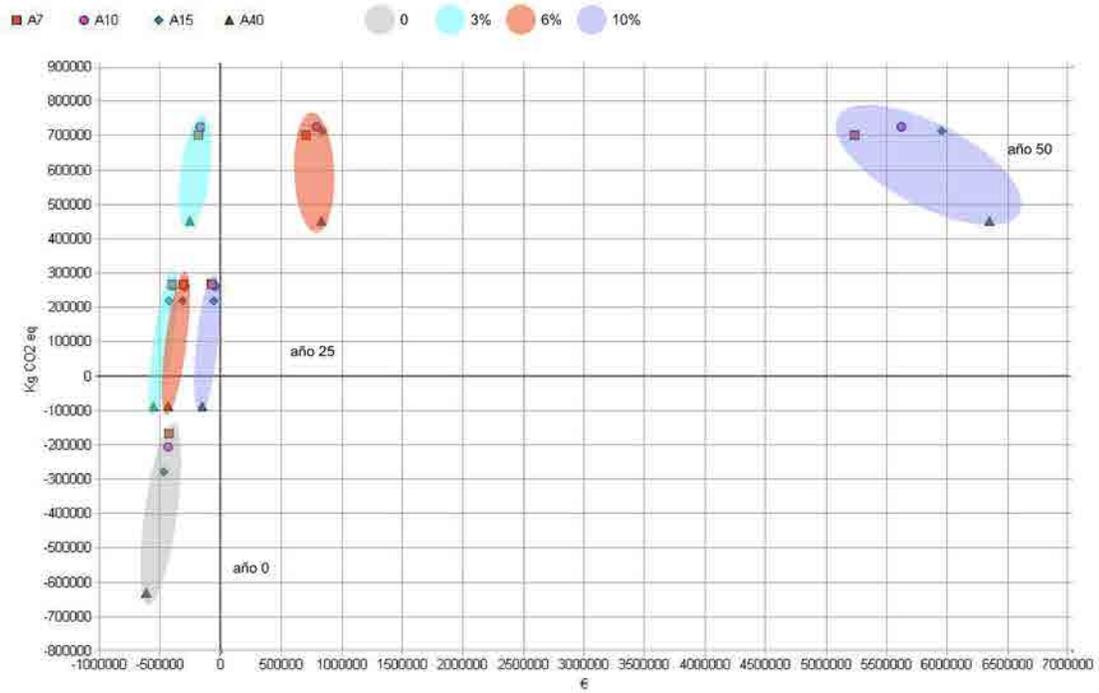
El análisis nos permite afirmar que la mejor propuesta constructiva para el Bloque Q a medio plazo -25 años- y plazo normal -50 años- sería la utilización de la solución constructiva T2 ventilada con carpintería en madera y un grosor de aislamiento de 15 cm. El intervalo óptimo estaría entre los 10 y 15 cm de aislamiento. La propuesta constructiva T1 superpuesta con carpintería en madera para grosores entre 10 y 15 cm proporciona unos valores similares a la T2 superpuesta y carpintería en madera.



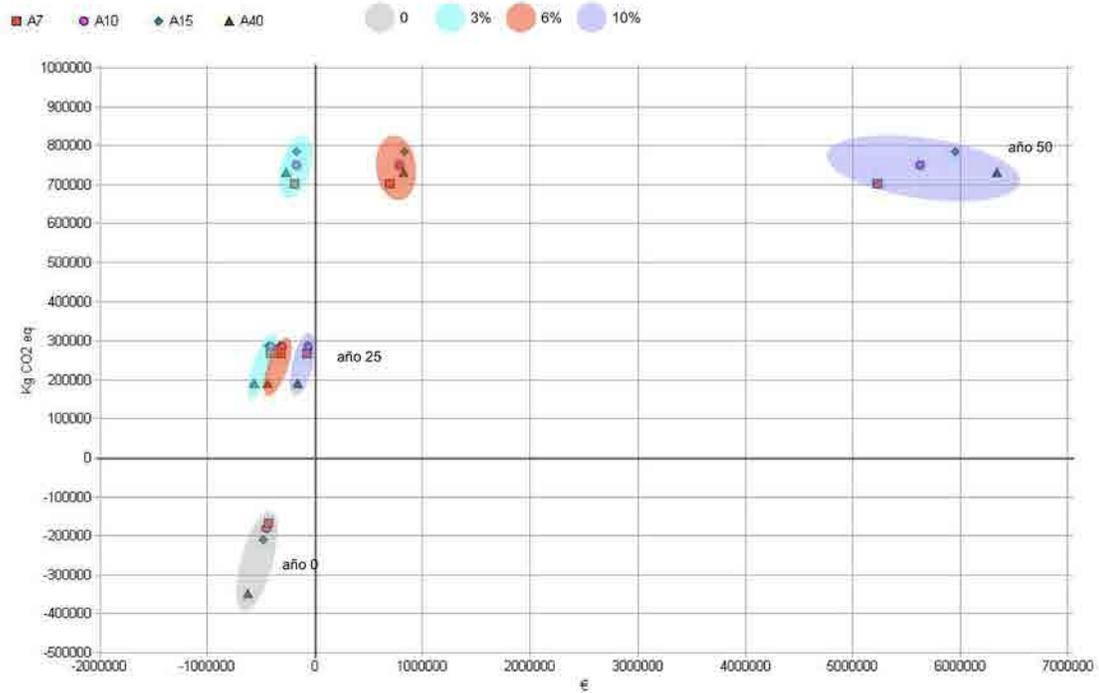
Gráfica 7.93. Bloque Q, T1 + aluminio. Eficiencia. Reducción de emisiones de CO2 eq y reducción coste económico en la rehabilitación de la piel del edificio, año 0-25-50.



Gráfica 7.94. Bloque Q, T2 + aluminio. Eficiencia. Reducción de emisiones de CO2 eq y reducción coste económico en la rehabilitación de la piel del edificio, año 0-25-50.



Gráfica 7.95. Bloque Q, T1 + madera. Eficiencia. Reducción de emisiones de CO2 eq y reducción coste económico en la rehabilitación de la piel del edificio, año 0-25-50.



Gráfica 7.96. Bloque Q, T2 + madera. Eficiencia. Reducción de emisiones de CO2 eq y reducción coste económico en la rehabilitación de la piel del edificio, año 0-25-50.

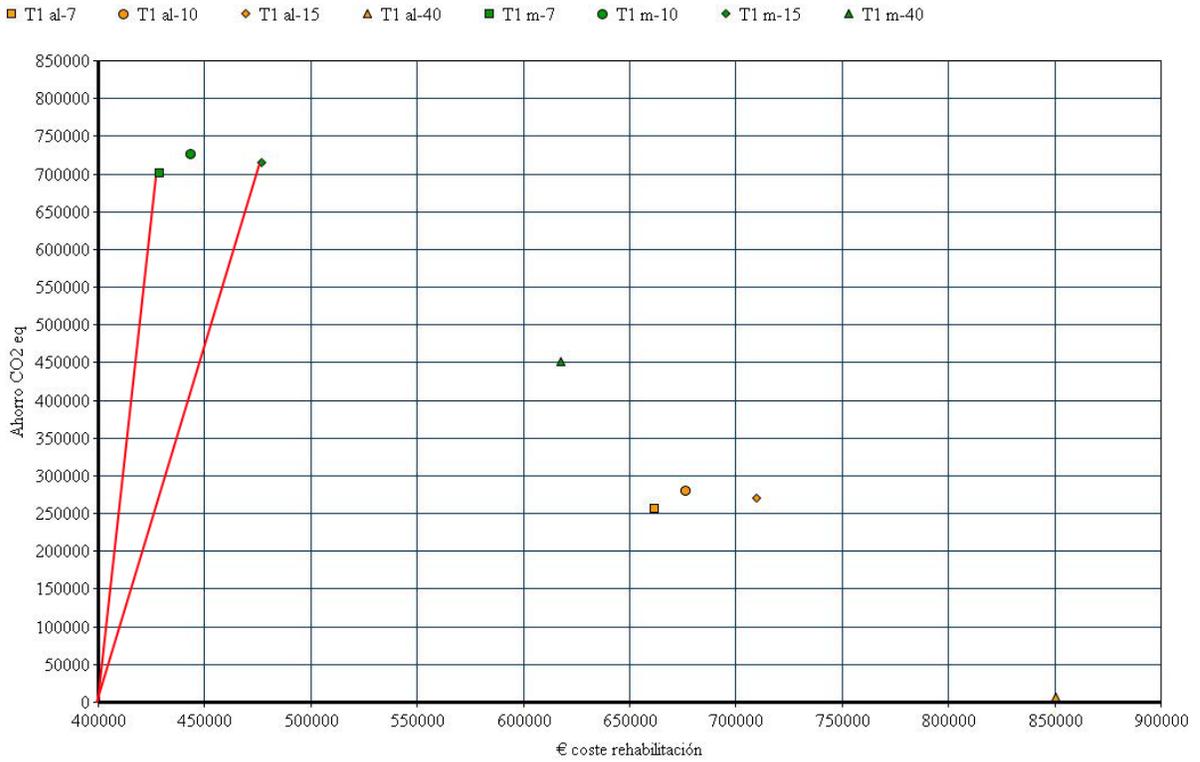
Como en los casos anteriores, relacionamos la inversión en rehabilitación de la piel del edificio y la reducción de emisiones de CO2 eq con el paso del tiempo -50 años-

En el Bloque Q (Ver Cuadro 7.6 Bloque Q, Eficiencia entre inversión de rehabilitación € y reducción de emisiones de CO2 eq en el año 50 y Graficas 7.97 y 7.98) las gráficas muestran que el punto de mayor ángulo se produce con carpintería de madera, con un grosor de 7cm de aislamiento para cualquiera de las dos propuestas constructivas. El de menor ángulo se produce con carpintería de aluminio con un grosor de 40 cm para las soluciones T1 superpuesta y T2 ventilada. En el caso T1 superpuesta con 40 cm la reducción de emisiones es mínima.

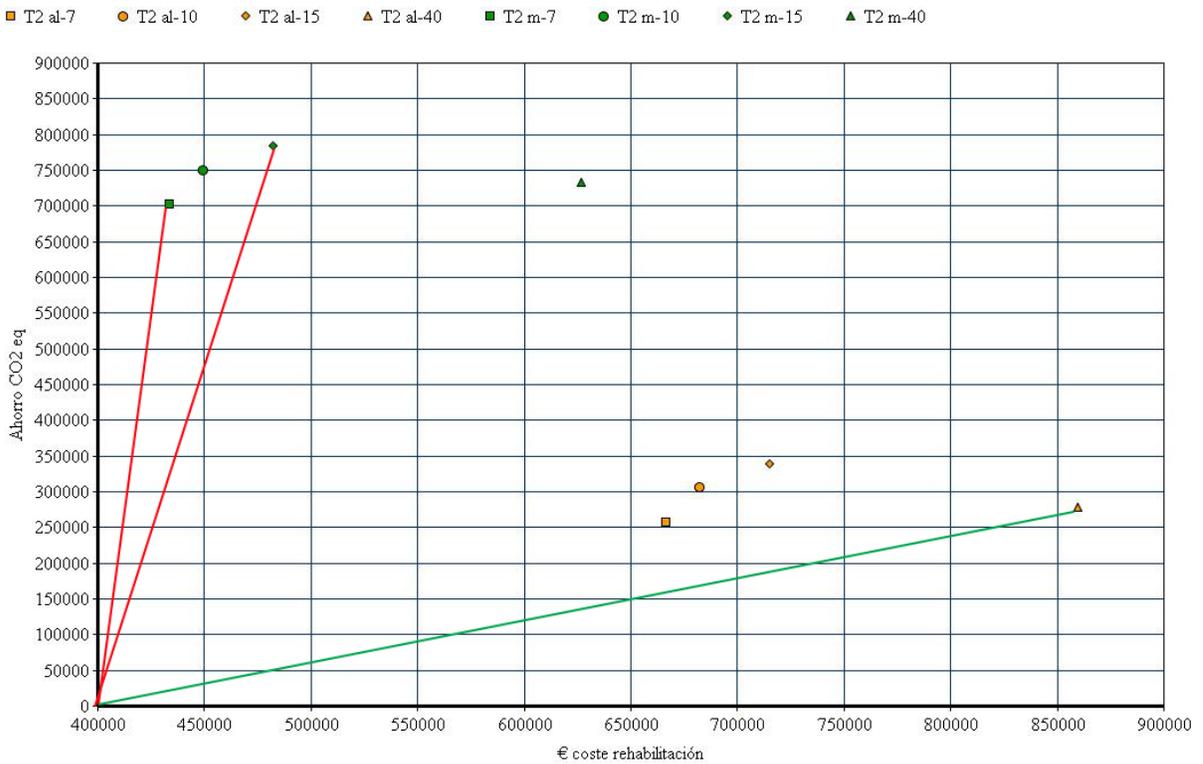
El punto mas eficiente entre inversión y reducción de emisiones de CO2 eq serán T1-7 superpuesta y T2-7 ventilada con unos valores tanto de inversión como de reducción de emisiones casi iguales – T1/7 428.668 €-701.00 Kg CO2 eq y T2/7 433.808€ - 701.357 Kg CO2 eq- Los ángulos de los valores entre 7 y 15 cm de aislamiento con carpintería en madera están muy próximos. La propuesta que reduce mas las emisiones de CO2 eq es T2 ventilada con 15 cm de grosor con un coste un poco mas elevado

Cuadro 7.6 Bloque Q, Eficiencia entre inversión de rehabilitación € y reducción de emisiones de CO2 eq en el año 50.

Propuesta constructiva	T1-7	T1-10	T1-15	T1-40		T1-7	T1-10	T1-15	T1-40
Carpintería AL €	661.633	676.238	710.077	850.722	Carpintería M €	428.668	443.273	477.112	617.758
Reducción CO2 eq	256.101	281.043	269.065	5.723	Reducción CO2 eq	701.000	725.941	713.964	450.630
Propuesta constructiva	T2-7	T2-10	T2-15	T2-40		T2-7	T2-10	T2-15	T2-40
Carpintería AL €	666.772	682.249	715.328	860.020	Carpintería M €	433.808	449.285	482.364	627.050
Reducción CO2 eq	256.458	305.767	338.791	287.185	Reducción CO2 eq	701.357	750.665	783.689	732.094



Gráfica 7.97 Bloque Q T1. Eficiencia entre inversión de rehabilitación € v reducción de emisiones de CO2 eq en el año 50.



Gráfica 7.98 Bloque Q T2. Eficiencia entre inversión de rehabilitación € y reducción de emisiones de CO2 eq en el año 50.

Eficiencia Bloque UNI14

El edificio UNI14 es un conjunto de 14 viviendas unifamiliares adosadas, de tres niveles, que inicialmente disponían de un nivel que se utilizaba como taller o zona de producción, destinados como servicios a la comunidad del barrio de Montbau.

Las emisiones de CO₂ eq presentan en la gráfica resultados en números negativos para los años 25 y 50, utilizando las soluciones constructivas T1 superpuesta y T2 ventilada y carpintera de aluminio y cualquier grosor de aislamiento. Continúan los valores negativos para el año 25, con la solución constructiva T2 ventilada y carpintería en madera con cualquier grosor. Para este año y con mejoras en el año 50, ofrecerá resultados positivos la utilización de la propuesta constructiva T1 superpuesta y carpintería en madera para los grosores de 7 a 15 cm de aislamiento, propuesta que evidenciará mayores beneficios a mediano y largo plazo. (Ver Gráficas 7.99 a 7.102 y Cuadro 7.7 Bloque UNI14 Eficiencia. Reducción de emisiones de CO₂ eq y reducción coste económico en la rehabilitación de la piel del edificio, año 0-25-50).

Los resultados negativos se producen por la elevada cantidad de envolvente que tienen las viviendas unifamiliares -en este caso la cubierta-, lo que requeriría una inversión inicial mayor en relación al volumen y superficie interior del edificio.

Cuadro 7.7. Bloque UNI14 Eficiencia. Reducción de emisiones de CO₂ eq y reducción coste económico en la rehabilitación de la piel del edificio, año 0-25-50.

Nota. Resaltado con color. Mayor reducción de emisiones de CO₂ eq y su relación con los diversos costes económicos, para los años 25 y 50

Año	Kg CO ₂ eq			Coste 3%			Coste 6%			Coste 10%		
	0	25	50	0	25	50	0	25	50	0	25	50
T1 + Aluminio												
A7	-341.393	-178.743	-16.093	-266.630	-206.959	-84.019	-266.630	-176.220	220.394	-266.630	-96.730	1.765.765
A10	-359.653	-184.678	-9.703	-273.273	-209.132	-74.836	-273.273	-173.942	252.375	-273.273	-88.498	1.913.479
A15	-394.296	-207.898	-21.498	-287.817	-219.470	-76.368	-287.817	-181.972	272.299	-287.817	-90.926	2.042.328
A40	-566.673	-363.073	-159.473	-352.434	-277.816	-112.791	-352.434	-236.877	259.077	-352.434	-137.477	2.191.521
T1 + Madera												
A7	-96.072	45.520	187.113	-162.225	-172.166	-116.839	-162.225	-139.427	187.575	-162.225	-59.937	1.732.946
A10	-114.332	39.586	193.503	-166.867	-172.339	-107.655	-166.867	-137.148	219.555	-166.867	-51.705	1.880.659
A15	-148.976	16.366	181.708	-181.411	-182.677	-109.187	-181.411	-145.179	239.480	-181.411	-54.133	2.009.509
A40	-321.351	-138.809	43.733	-246.028	-241.023	-154.402	-246.028	-200.084	226.258	-246.028	-100.684	2.158.702
T2 + Aluminio												
A7	-467.560	-304.910	-142.260	-340.434	-280.762	-155.823	-340.434	-248.024	148.590	-340.434	-168.533	1.693.962
A10	-481.567	-306.592	-131.617	-345.228	-281.088	-146.792	-345.228	-245.897	180.419	-345.228	-160.454	1.841.523
A15	-508.358	-321.958	-135.558	-359.640	-291.293	-148.191	-359.640	-253.795	200.476	-359.640	-162.749	1.970.505
A40	-843.782	-440.182	-236.582	-424.963	-350.345	-194.112	-424.963	-309.406	186.548	-424.963	-210.006	2.118.992
T2 + Madera												
A7	-222.239	-80.646	60.946	-234.028	-243.969	-188.642	-234.028	-211.230	115.771	-234.028	-131.740	1.661.142
A10	-236.246	-82.329	71.589	-238.823	-244.295	-179.611	-238.823	-209.104	147.600	-238.823	-123.661	1.808.704
A15	-263.037	-97.695	67.648	-253.234	-254.500	-181.010	-253.234	-217.002	167.657	-253.234	-125.956	1.937.686
A40	-398.461	-215.918	-33.376	-318.558	-313.552	-226.931	-318.558	-272.613	153.729	-318.558	-173.213	2.086.172

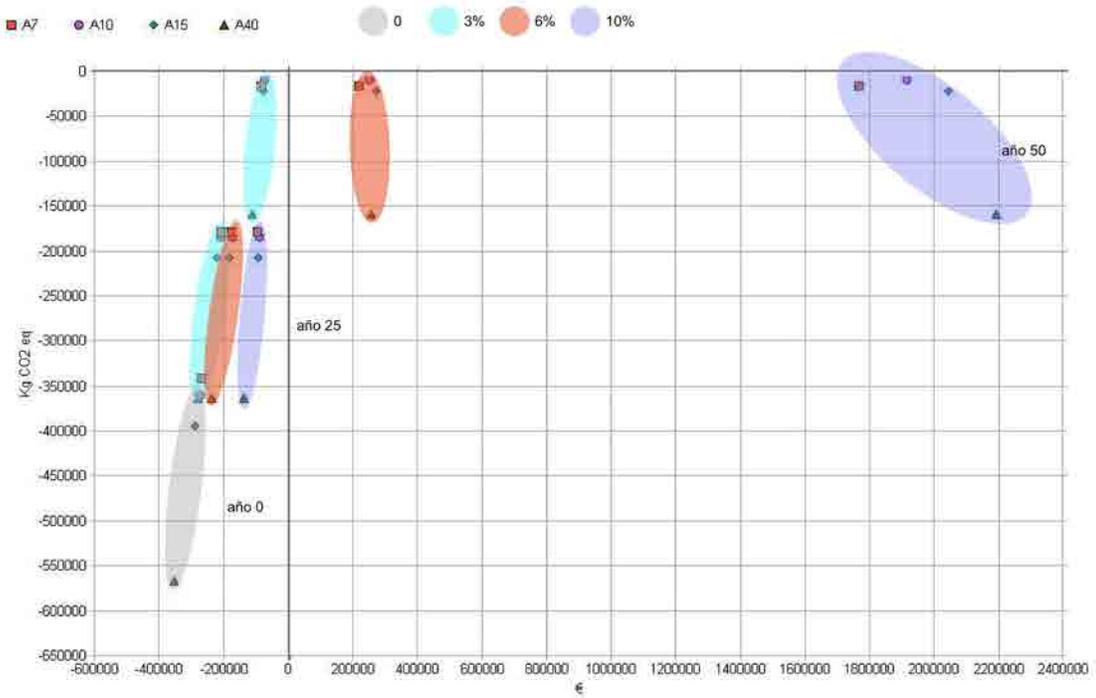
Las gráficas evidencian para los casos T1 superpuesta y T2 ventilada con carpintería en aluminio y para cualquier grosor, un déficit del coste inicial de emisiones de CO2 eq realizadas en la rehabilitación de la envolvente. Los costes económicos serán en negativo a mediano plazo –año 25- para cualquier escenario de incremento del coste de la energía y tipo de soluciones. Los números serán en positivos para el año 50 para los supuestos escenarios del 6% y el 10% y las soluciones constructivas T1 superpuesta y T2 ventilada con carpintería en aluminio y madera para cualquier grosor.

Para la propuesta T1 superpuesta y carpintería de madera y con los grosores entre 7 y 15 cm de aislamiento las gráficas evidencian un equilibrio en el valor de las emisiones de CO2 eq siendo el más elevado con la utilización del grosor de 7 cm, con una reducción de emisiones de 45.520 kg CO2 eq. Suponiendo los escenarios de 3, 6 y 10% del coste acumulado de la energía, se evidencia la situación de déficit en cuanto a costes para el año 25 (Ver gráficas 7.99 a 7.102).

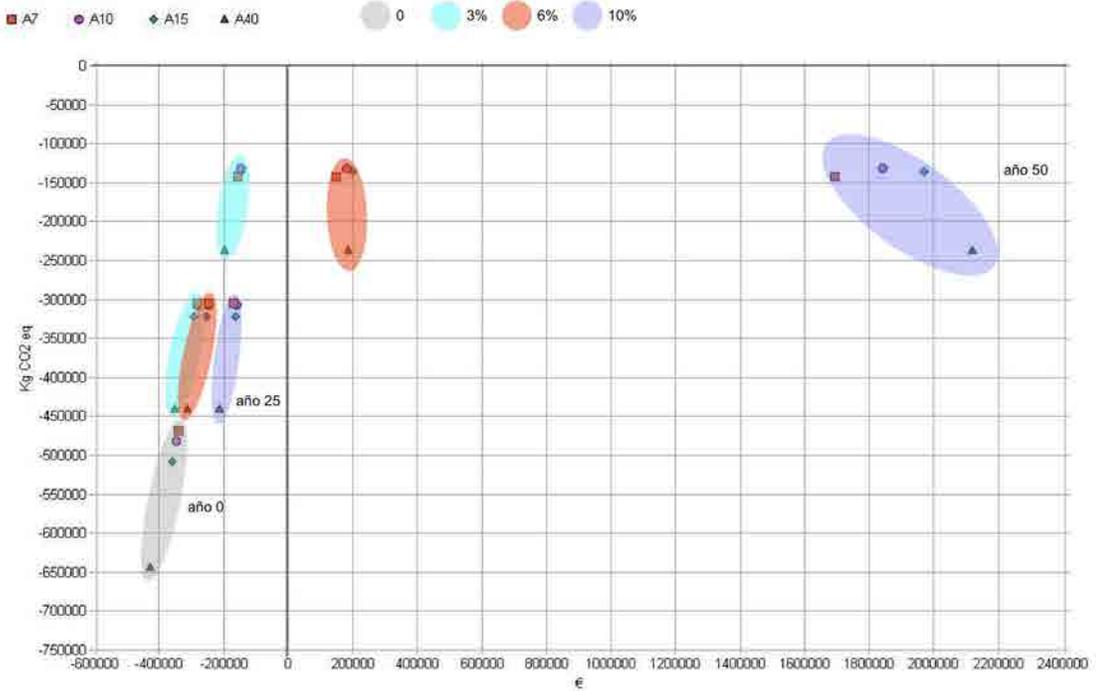
Para el año 50, la gráfica evidencia que con la utilización de la soluciones T1 superpuesta o T2 ventilada, con carpintería en madera y 10 cm de aislamiento, se lograría una mejor relación entre la reducción de emisiones de CO2 eq y una recuperación de la inversión (Ver gráfica 7.101 y 7.102). En el escenario del 3%, el valor aparece en déficit, y con la utilización de la opción T1 superpuesta con carpintería en madera y 10 cm de aislamiento, en el año 50, se logrará una disminución de 193.503 kg CO2 eq. En el escenario sobre la diferencia del 6% del coste económico acumulado, la gráfica muestra la cifra de 219.555 € y con el 10% de la diferencia, resulta la cifra de 1.880.659 €. La solución T2 ventilada, carpintería en madera y grosor de 10 cm, acusa unos valores notablemente inferiores aunque positivos y se obtendría una disminución de 71.589 kg CO2 eq, con un beneficio económico en el caso del 6% de 147.600 € y finalmente en el caso del 10% de la diferencia del coste anual acumulado, de 1.808.704 €.

El análisis permite afirmar que la mejor propuesta constructiva para el Bloque UNI14 a medio plazo -25 años- y plazo normal -50 años- sería T1 superpuesta con carpintería en madera y un grosor de aislamiento de 10 cm. La utilización de la propuesta constructiva T2 ventilada con carpintería en madera, tendría unas emisiones de CO2 eq negativas a corto plazo y mucho menores a plazo normal que la T1 superpuesta.

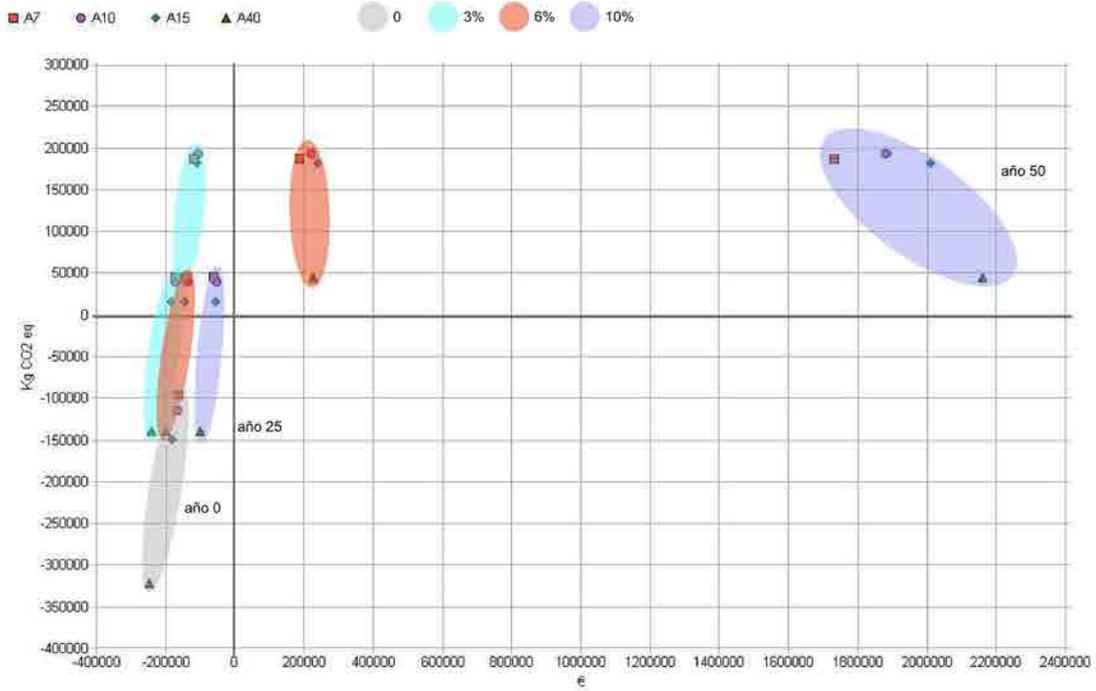
En el caso de las viviendas unifamiliares, la reducción de emisiones y de coste serán menores en comparación con el resto de los edificios estudiados. La mayor cantidad de superficie de piel unida a una mayor inversión en la rehabilitación, produciría unos resultados más ajustados.



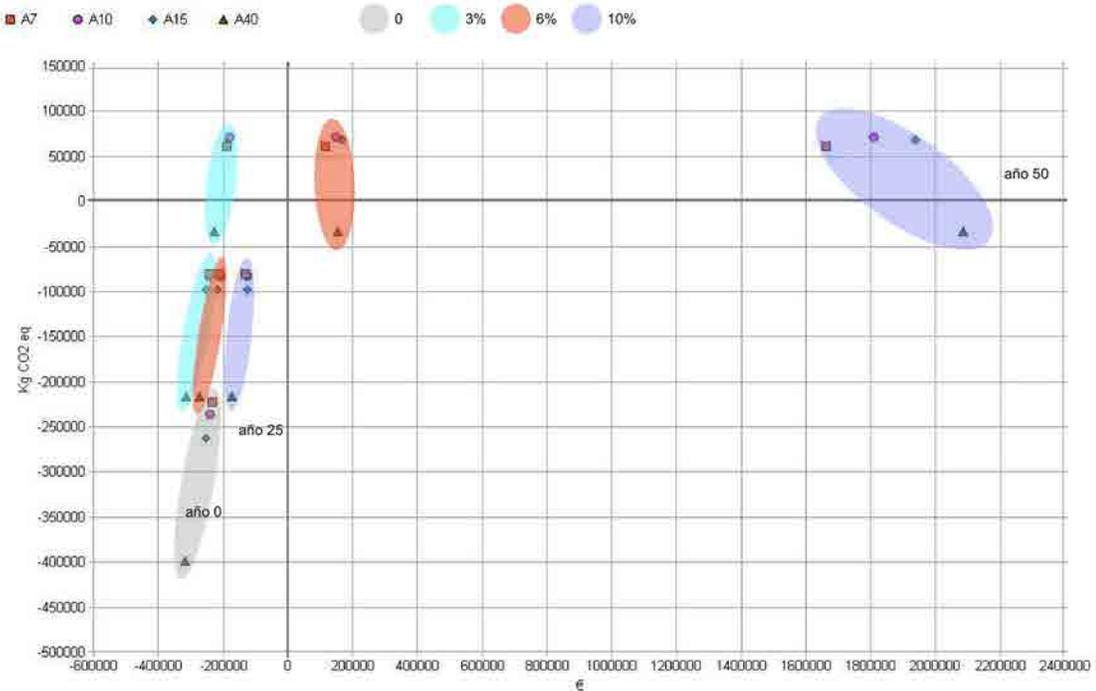
Gráfica 7.99. Bloque UNI14, T1 + aluminio. Eficiencia. Reducción de emisiones de CO2 eq y reducción coste económico en la rehabilitación de la piel del edificio, año 0-25-50.



Gráfica 7.100. Bloque UNI14, T2 + aluminio. Eficiencia. Reducción de emisiones de CO2 eq y reducción coste económico en la rehabilitación de la piel del edificio, año 0-25-50.



Gráfica 7.101. Bloque UNI14, T1 + madera. Eficiencia. Reducción de emisiones de CO2 eq y reducción coste económico en la rehabilitación de la piel del edificio, año 0-25-50.



Gráfica 7.102. Bloque Q, T2 + madera. Eficiencia. Reducción de emisiones de CO2 eq y reducción coste económico en la rehabilitación de la piel del edificio, año 0-25-50.

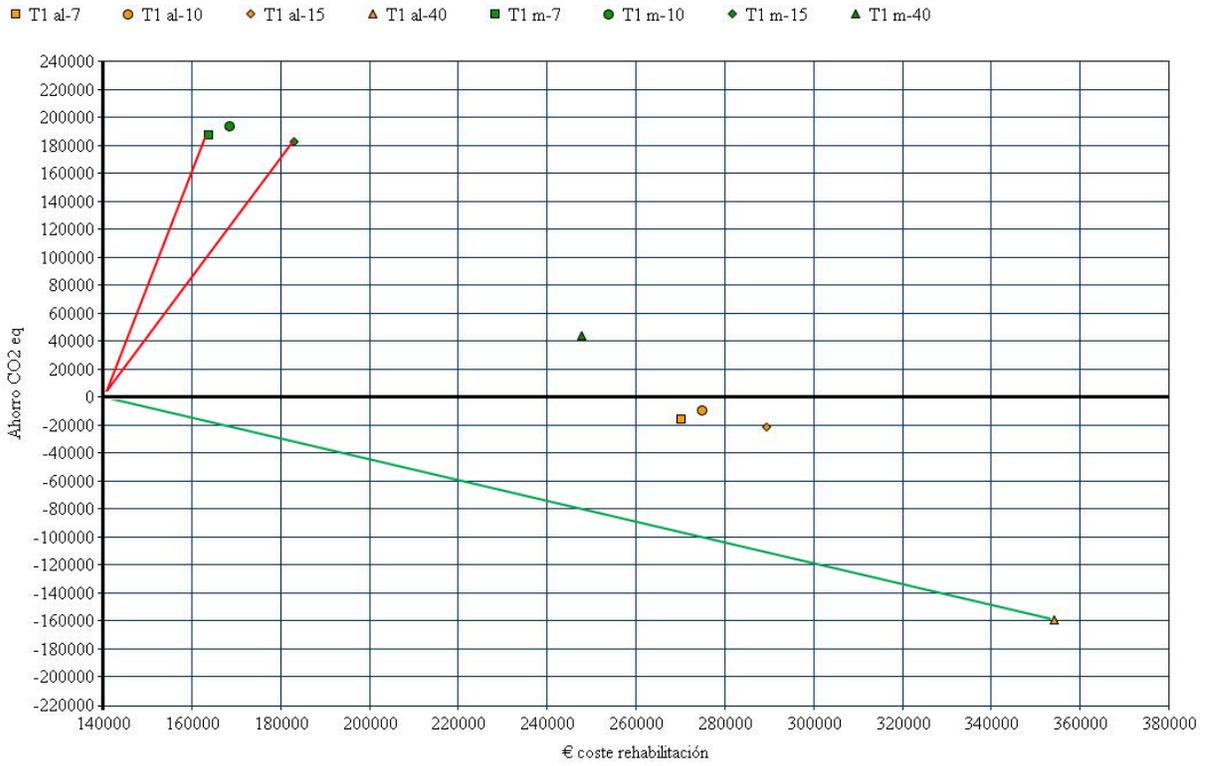
Como en los casos anteriores, relacionamos la inversión en rehabilitación de la piel del edificio y la reducción de emisiones de CO2 eq con el paso del tiempo -50 años-

En el Bloque UNi14 (Ver Cuadro 7.8 Bloque UNI14, Eficiencia entre inversión de rehabilitación € y reducción de emisiones de CO2 eq en el año 50 y Gráficas 7.103 y 7.104) las gráficas muestran que el punto de mayor ángulo, por lo tanto el mas eficiente, se produce con carpintería de madera, con un grosor de 7 cm de aislamiento para T1 superpuesta con un coste de 163.814 € y una reducción de emisiones de CO2 eq de 187.113 Kg CO2 eq. Las gráficas (Ver gráficas 7.103 y 7.104) nos muestran ángulos negativos que indican una mayor inversión inicial de emisiones de CO2, por los materiales utilizados en la construcción, que los beneficios obtenidos en este periodo de tiempo.

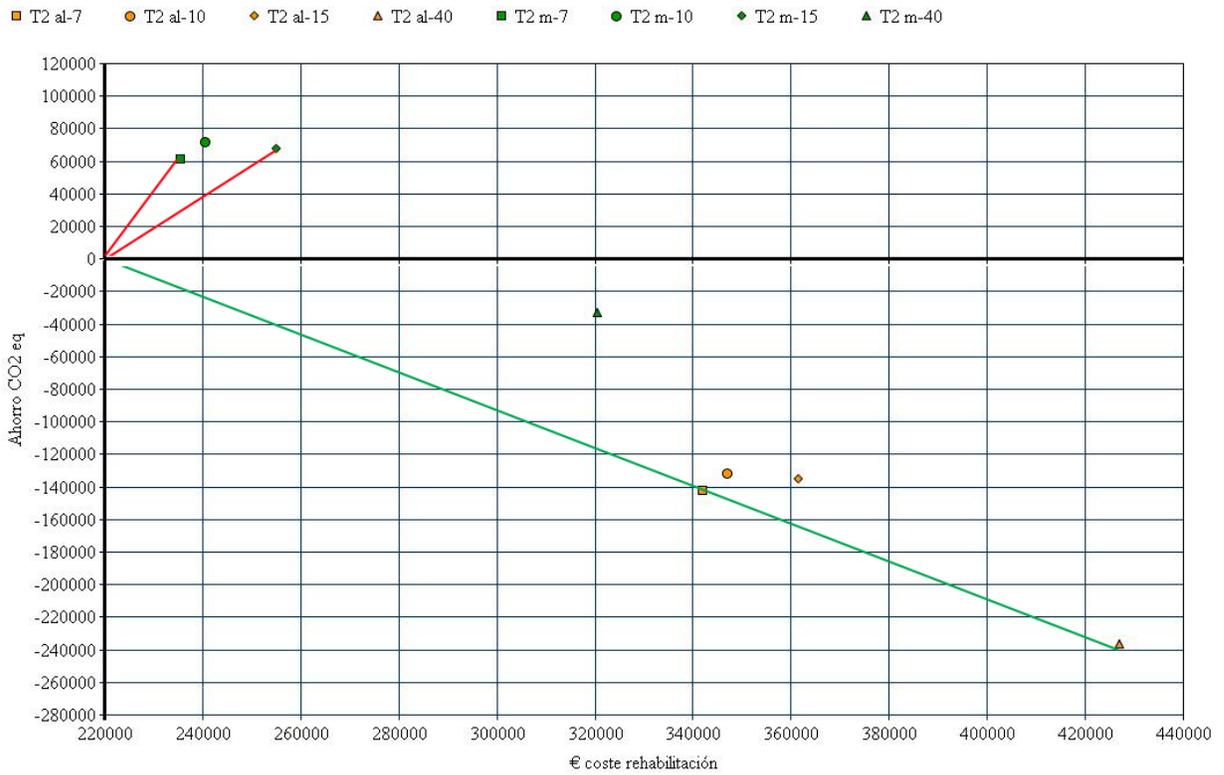
El punto T1 superpuesta es el que produce una mayor reducción de emisiones de CO2 eq de todo el conjunto con una diferencia mínima de inversión con el mas eficiente de 4.716 €.

Cuadro 7.8 Bloque UNI14 , Eficiencia entre inversión de rehabilitación € y reducción de emisiones de CO2 eq en el año 50.

Propuesta constructiva	T1-7	T1-10	T1-15	T1-40		T1-7	T1-10	T1-15	T1-40
Carpintería AL €	270.219	274.981	289.637	354.421	Carpintería M €	163.814	168.575	183.231	248.015
Reducción CO2 eq	-16.093	-9.703	-21.498	-159.473	Reducción CO2 eq	187.113	193.503	181.708	43.733
Propuesta constructiva	T2-7	T2-10	T2-15	T2-40		T2-7	T2-10	T2-15	T2-40
Carpintería AL €	342.023	346.936	361.460	426.950	Carpintería M €	235.617	240.531	255.054	320.545
Reducción CO2 eq	-142.260	-131.617	-135.558	-236.582	Reducción CO2 eq	60.946	71.589	67.648	-33.376



Gráfica 7.103 Bloque UNI14 T1, Eficiencia entre inversión de rehabilitación € y reducción de emisiones de CO2 eq en el año 50.



Gráfica 7.104 Bloque UNI14 T2, Eficiencia entre inversión de rehabilitación € y reducción de emisiones de CO2 eq en el año 50.

7.7

Eficiencia en la rehabilitación del barrio de Montbau

En este punto del análisis pretendemos estudiar el comportamiento global del barrio de Montbau, el conjunto de todos sus edificios que lo componen. Partimos de la selección de las soluciones más eficientes detectadas en este capítulo y las extrapolamos por metro cuadrado al resto de los edificios, estudiando su estado a medio plazo -25 años- y plazo normal -50 años-.

En función del punto de optimización, seleccionar la solución constructiva, la carpintería y el grosor del aislamiento. Lo que nos permitirá establecer la reducción óptima del global del barrio. En el capítulo 5 se había establecido la mejora global del barrio en función del grosor de aislamiento, en este punto incorporamos los costes de realización de esta mejora.

Los análisis de eficiencia han llevado a proponer unas soluciones tipo más eficaces para las condiciones establecidas en este estudio. Para el edificio tipo A con tipología dúplex, la solución constructiva más eficiente será la T2 ventilada con carpintería en madera y un grosor de aislamiento de 15 cm. La misma propuesta constructiva, presenta ventajas en el caso del Bloque EF lineal y el Bloque Q con tipología de torre. Finalmente, para el Bloque UNI14 de vivienda unifamiliar adosada, la solución constructiva más eficaz, sería la T1 superpuesta con carpintería en madera y un grosor de aislamiento de 10 cm.

Estos resultados de los cuatro edificios tipo, serán extrapolados al conjunto del barrio de Montbau, para obtener una visión global de aquello que significaría actuar de manera conjunta en este barrio de viviendas.

De los documentos complementarios extraemos los valores de consumo de energía de calefacción kWh, emisiones de CO₂ eq y escogemos la evolución del coste de la energía del 6% por ser una situación intermedia entre una energía barata 3% y un incremento considerable del 10%. Extraemos estos datos (Ver documentos complementarios 7.1 a 7.4) de cada edificio tipo – Bloque A / Dúplex, Bloque E-F / Lineal, Bloque Q / Torre y Bloque UNI14 / unifamiliar- y trasladamos sus valores de consumo de energía, emisiones y coste a valores por m² (Ver cuadro 7.9 Edificios tipo de Montbau sin rehabilitar, año 25 y Cuadro 7.10 Edificios tipo de Montbau sin rehabilitar año 50).

año 25	Tipología de edificio	Superficie construida	Total energía de calefacción kWh	Energía de calefacción kWh/m ²	Total emisiones de Kg CO ₂ eq	Emisiones Kg CO ₂ eq/m ²	Coste energía de calefacción al 6% €	Coste energía de calefacción al 6% €/m ²
BLOQUE A	Duplex	3.954	5.010.460	1.267,19	1.378.858	348,72	782.248	197,84
BLOQUES E - F	Lineal	2.599	2.857.920	1.099,62	787.280	302,92	448.819	172,69
BLOQUES Q	Torre	3.524	3.753.880	1.065,23	1.033.552	293,29	587.719	166,78
UNIFAMILIAR 14	Unifamiliar	1.353	1.768.910	1.307,40	485.290	358,68	271.232	200,47
año 50	Tipología de edificio	Superficie construida	Total energía de calefacción kWh	Energía de calefacción kWh/m ²	Total emisiones de Kg CO ₂ eq	Emisiones Kg CO ₂ eq/m ²	Coste energía de calefacción al 6% €	Coste energía de calefacción al 6% €/m ²
BLOQUE A	Duplex	3.954	9.828.210	2.485,64	2.704.683	684,04	4.082.990	1.032,62
BLOQUES E - F	Lineal	2.599	5.605.920	2.156,95	1.544.280	594,18	2.342.532	901,32
BLOQUES Q	Torre	3.524	7.363.380	2.089,49	2.027.352	575,30	3.067.491	870,46
UNIFAMILIAR 14	Unifamiliar	1.353	3.469.785	2.564,51	951.915	703,56	1.415.647	1.046,30

Cuadro 7.9. Edificios tipo de Montbau sin rehabilitar año 25 y 50. Consumo total de energía de calefacción, emisiones de CO₂ eq y escenario de coste económico del 6% (Datos extraídos de los documentos complementarios 7.1 a 7.4).

año 25	Tipología de edificio	Superficie construida	Total energía de calefacción kWh	Energía de calefacción kWh/m ²	Total emisiones de Kg CO ₂ eq	Emisiones Kg CO ₂ eq/m ²	Coste energía de calefacción al 6% €	Coste energía de calefacción al 6% €/m ²
BLOQUE A	Duplex	3.954	2.763.866	699,01	810.676	205,03	884.450	223,68
BLOQUES E - F	Lineal	2.599	1.519.818	584,77	458.995	176,60	692.409	266,41
BLOQUES Q	Torre	3.524	2.616.085	742,36	746.134	211,73	911.507	258,66
UNIFAMILIAR 14	Unifamiliar	1.353	1.425.372	1.053,49	445.704	329,42	408.380	301,83
año 50	Tipología de edificio	Superficie construida	Total energía de calefacción kWh	Energía de calefacción kWh/m ²	Total emisiones de Kg CO ₂ eq	Emisiones Kg CO ₂ eq/m ²	Coste energía de calefacción al 6% €	Coste energía de calefacción al 6% €/m ²
BLOQUE A	Duplex	3.954	4.717.224	1.193,03	1.354.311	342,52	2.287.690	578,58
BLOQUES E - F	Lineal	2.599	1.990.047	765,70	603.010	232,02	1.088.217	418,71
BLOQUES Q	Torre	3.524	4.328.509	1.228,29	1.243.663	352,91	2.231.544	633,24
UNIFAMILIAR 14	Unifamiliar	1.353	2.526.580	1.867,39	758.412	560,54	1.196.091	884,03

Cuadro 7.10. Edificios tipo de Montbau rehabilitados año 25 y 50 con las propuestas más eficientes. Consumo total de energía de calefacción, emisiones de CO₂ eq y escenario de coste económico del 6% (Datos extraídos de los documentos complementarios 7.1 a 7.4).

Los valores obtenidos por metro cuadrado los extendemos al resto de los edificios del barrio estableciendo dos cuadros con los valores de los edificios sin rehabilitar en los años 25 y 50 (Ver Cuadro 7.11 y 7.12 Resumen barrio de Montbau sin rehabilitar) y otros dos con los valores de los edificios rehabilitados años 25 y 50 (Ver cuadros 7.13 y 7.14 Resumen barrio de Montbau rehabilitado con las propuestas optimas).

Sin rehabilitar año 25	Tipología de edificio	Número de viviendas	Superficie construida	Energía de calefacción kWh/m2	Total energía de calefacción kWh	Emisiones Kg CO2 eq/ m2	Total emisiones de Kg CO2 eq	Coste energía de calefacción al 6% €/m2	Total Coste energía de calefacción al 6% €
BLOQUE A	Duplex	32	3.954	1.267,19	5.010.469	348,72	1.378.839	197,84	782.259
BLOQUE B	Lineal	50	4.350	1.099,62	4.783.347	302,92	1.317.702	172,69	751.202
BLOQUES C - D	Lineal	56	5.220	1.099,62	5.740.016	302,92	1.581.242	172,69	901.442
BLOQUES E - F	Lineal	140	8.960	1.099,62	9.852.595	302,92	2.714.163	172,69	1.547.302
BLOQUES G	Lineal	140	9.733	1.099,62	10.702.601	302,92	2.948.320	172,69	1.680.792
BLOQUE H	Lineal	150	10.552	1.099,62	11.603.190	302,92	3.196.412	172,69	1.822.225
BLOQUES I	Lineal	142	8.958	1.099,62	9.850.396	302,92	2.713.557	172,69	1.546.957
BLOQUES J	Lineal	40	3.398	1.099,62	3.736.509	302,92	1.029.322	172,69	586.801
BLOQUES K	Lineal	51	4.036	1.099,62	4.438.066	302,92	1.222.585	172,69	696.977
BLOQUES L	Lineal	30	1.798	1.099,62	1.977.117	302,92	544.650	172,69	310.497
BLOQUES N	Duplex	120	13.504	1.267,19	17.112.134	348,72	4.709.115	197,84	2.671.631
UNIFAMILIAR 14	Unifamiliar	14	1.353	1.307,40	1.768.912	358,68	485.294	200,47	271.236
UNIFAMILIAR 52	Unifamiliar	52	7.366	1.307,40	9.630.308	358,68	2.642.037	200,47	1.476.662
BLOQUES P	Lineal	387	33.361	1.099,62	36.684.423	302,92	10.105.714	172,69	5.761.111
BLOQUES Q	Torre	504	39.150	1.065,23	41.703.755	293,29	11.482.304	166,78	6.529.437
BLOQUES R	Lineal	51	4.713	1.099,62	5.182.509	302,92	1.427.662	172,69	813.888
TOTAL		1.959	160.406		179.776.348		49.498.919		28.150.418

Cuadro 7.11. Resumen barrio de Montbau sin rehabilitar, año 25. Consumo total de energía de calefacción, emisiones de CO2 eq y escenario económico del 6%.

Sin rehabilitar año 50	Tipología de edificio	Número de viviendas	Superficie construida	Energía de calefacción kWh/m2	Total energía de calefacción kWh	Emisiones Kg CO2 eq/ m2	Total emisiones de Kg CO2 eq	Coste energía de calefacción al 6% €/m2	Total Coste energía de calefacción al 6% €
BLOQUE A	Duplex	32	3.954	2.485,64	9.828.221	684,04	2.704.694	1.032,62	4.082.979
BLOQUE B	Lineal	50	4.350	2.156,95	9.382.733	594,18	2.584.683	901,32	3.920.742
BLOQUES C - D	Lineal	56	5.220	2.156,95	11.259.279	594,18	3.101.620	901,32	4.704.890
BLOQUES E - F	Lineal	140	8.960	2.156,95	19.326.272	594,18	5.323.853	901,32	8.075.827
BLOQUES G	Lineal	140	9.733	2.156,95	20.993.594	594,18	5.783.154	901,32	8.772.548
BLOQUE H	Lineal	150	10.552	2.156,95	22.760.136	594,18	6.269.787	901,32	9.510.729
BLOQUES I	Lineal	142	8.958	2.156,95	19.321.958	594,18	5.322.664	901,32	8.074.025
BLOQUES J	Lineal	40	3.398	2.156,95	7.329.316	594,18	2.019.024	901,32	3.062.685
BLOQUES K	Lineal	51	4.036	2.156,95	8.705.450	594,18	2.398.110	901,32	3.637.728
BLOQUES L	Lineal	30	1.798	2.156,95	3.878.196	594,18	1.068.336	901,32	1.620.573
BLOQUES N	Duplex	120	13.504	1.267,19	17.112.134	684,04	9.237.276	1.032,62	13.944.500
UNIFAMILIAR 14	Unifamiliar	14	1.353	2.584,51	3.469.782	703,56	951.917	1.046,30	1.415.644
UNIFAMILIAR 52	Unifamiliar	52	7.366	2.485,64	18.309.224	703,56	5.182.423	1.046,30	7.707.046
BLOQUES P	Lineal	387	33.361	2.156,95	71.958.009	594,18	19.822.439	901,32	30.068.937
BLOQUES Q	Torre	504	39.150	2.089,49	81.803.534	575,30	22.522.995	870,46	34.078.509
BLOQUES R	Lineal	51	4.713	2.156,95	10.165.705	594,18	2.800.370	901,32	4.247.921
TOTAL		1.959	160.406		335.603.543		97.093.345		146.925.283

Cuadro 7.12. Resumen barrio de Montbau sin rehabilitar, año 50. Consumo total de energía de calefacción, emisiones de CO2 eq y escenario económico del 6%.

Rehabilitado año 25	Tipología de edificio	Número de viviendas	Superficie construida	Energía de calefacción kWh/m2	Total energía de calefacción kWh	Emisiones Kg CO2 eq/ m2	Total emisiones de Kg CO2 eq	Coste energía de calefacción al 6% €/m2	Total Coste energía de calefacción al 6% €
BLOQUE A	Duplex	32	3.954	699,01	2.763.886	205,03	810.689	223,68	884.431
BLOQUE B	Lineal	50	4.350	584,77	2.543.750	176,60	768.210	266,41	1.158.864
BLOQUES C - D	Lineal	56	5.220	584,77	3.052.499	176,60	921.852	266,41	1.390.660
BLOQUES E - F	Lineal	140	8.960	584,77	5.239.539	176,60	1.582.336	266,41	2.387.034
BLOQUES G	Lineal	140	9.733	584,77	5.691.566	176,60	1.718.848	266,41	2.592.969
BLOQUE H	Lineal	150	10.552	584,77	6.170.493	176,60	1.863.483	266,41	2.811.158
BLOQUES I	Lineal	142	8.958	584,77	5.238.370	176,60	1.581.983	266,41	2.386.501
BLOQUES J	Lineal	40	3.398	584,77	1.987.048	176,60	600.087	266,41	905.261
BLOQUES K	Lineal	51	4.036	584,77	2.360.132	176,60	712.758	266,41	1.075.231
BLOQUES L	Lineal	30	1.798	584,77	1.051.416	176,60	317.527	266,41	479.005
BLOQUES N	Duplex	120	13.504	699,01	9.439.431	205,03	2.768.725	223,68	3.020.575
UNIFAMILIAR 14	Unifamiliar	14	1.353	1.053,49	1.425.372	329,42	445.705	301,83	408.376
UNIFAMILIAR 52	Unifamiliar	52	7.366	1.053,49	7.760.007	329,42	2.426.508	301,83	2.223.280
BLOQUES P	Lineal	387	33.361	584,77	19.508.512	176,60	5.891.553	266,41	8.887.704
BLOQUES Q	Torre	504	39.150	742,36	29.063.394	211,73	8.289.230	258,66	10.126.539
BLOQUES R	Lineal	51	4.713	584,77	2.756.021	176,60	832.316	266,41	1.255.590
TOTAL		1.959	160.406		106.051.437		31.531.808		41.993.197

Cuadro 7.13. Resumen barrio de Montbau rehabilitado con propuestas óptimas, año 25. Consumo total de energía de calefacción, emisiones de CO2 eq y escenario económico del 6%.

Rehabilitado año 50	Tipología de edificio	Número de viviendas	Superficie construida	Energía de calefacción kWh/m2	Total energía de calefacción kWh	Emisiones Kg CO2 eq/ m2	Total emisiones de Kg CO2 eq	Coste energía de calefacción al 6% €/m2	Total Coste energía de calefacción al 6% €
BLOQUE A	Duplex	32	3.954	1.193,03	4.717.241	342,52	1.354.324	578,58	2.287.705
BLOQUE B	Lineal	50	4.350	765,70	3.330.795	232,02	1.009.287	418,71	1.821.389
BLOQUES C - D	Lineal	56	5.220	765,70	3.996.954	232,02	1.211.144	418,71	2.185.666
BLOQUES E - F	Lineal	140	8.960	765,70	6.860.672	232,02	2.078.899	418,71	3.751.642
BLOQUES G	Lineal	140	9.733	765,70	7.452.558	232,02	2.258.251	418,71	4.075.304
BLOQUE H	Lineal	150	10.552	765,70	8.079.666	232,02	2.448.275	418,71	4.418.228
BLOQUES I	Lineal	142	8.958	765,70	6.859.141	232,02	2.078.435	418,71	3.750.804
BLOQUES J	Lineal	40	3.398	765,70	2.601.849	232,02	788.404	418,71	1.422.777
BLOQUES K	Lineal	51	4.036	765,70	3.090.365	232,02	936.433	418,71	1.689.914
BLOQUES L	Lineal	30	1.798	765,70	1.376.729	232,02	417.172	418,71	752.841
BLOQUES N	Duplex	120	13.504	1.193,03	16.110.677	342,52	4.625.390	578,58	7.813.144
UNIFAMILIAR 14	Unifamiliar	14	1.353	1.867,39	2.526.579	560,54	758.411	884,03	1.196.093
UNIFAMILIAR 52	Unifamiliar	52	7.366	1.867,39	13.755.195	560,54	4.128.938	884,03	6.511.765
BLOQUES P	Lineal	387	33.361	765,70	25.544.518	232,02	7.740.419	418,71	13.968.584
BLOQUES Q	Torre	504	39.150	1.228,29	48.087.554	352,91	13.816.427	633,24	24.791.346
BLOQUES R	Lineal	51	4.713	765,70	3.608.744	232,02	1.093.510	418,71	1.973.380
TOTAL		1.959	160.406		157.999.235		46.743.719		82.410.581

Cuadro 7.14. Resumen barrio de Montbau rehabilitado con propuestas óptimas, año 50. Consumo total de energía de calefacción, emisiones de CO2 eq y escenario económico del 6%.

En el año 25 sin rehabilitar los 1.959 viviendas con una superficie de 160.406 m² consumirían 179.776.348 kWh, con unas emisiones de CO₂ eq a la atmosfera de 49.498.919 Kg de CO₂ eq y un coste con un incremento del precio de la energía del 6% de 28.150.418 €. Si valoramos el año 50 – sin rehabilitar- el consumo total de energía sería de 335.603.543 kWh, con unas emisiones de CO₂ eq de 97.093.345 Kg CO₂ eq con un coste de energía acumulado de 146.925.283 €. Los valores de consumo acumulados y emisiones se duplican con el paso del tiempo y el coste económico se quintuplica.

Al rehabilitar con los valores óptimos estimados en el capítulo –que incorporan la energía necesaria de rehabilitación las emisiones de gases a la atmosfera y su coste económico en el año 2012- obtenemos los siguientes resultados para el año 25 un consumo de energía de 106.051.437, con unas emisiones de 31.531.808 Kg CO₂ eq, y un coste económico con un incremento del precio de la energía del 6% de 41.993.197 €. En el año 50 pasamos a un consumo de 157.999.235 kWh, con unas emisiones de 46.743.719 kg CO₂ eq y un coste de 82.410.581 €. Entre una fecha y otra el incremento del consumo de energía y emisiones es aproximadamente el 49% y en el coste casi se duplica entre las dos fechas.

El cuadro resumen de resultados (Ver cuadro 7.15 resumen global del barrio de Montbau sin rehabilitar y rehabilitado) evidencia que en los primeros 25 años con las mejoras propuestas a los edificios obtenemos una reducción en el consumo de energía de un 41% y una reducción de emisiones a la atmosfera de un 36%. En el caso del coste de la energía nos encontramos con un déficit del 49% producido por la inversión inicial en la actualización de la fachada. El valor económico puede variar, como ya se ha comentado, en función del precio de la energía. Por otro lado los valores de reducción del consumo de energía y disminución de emisiones de gases de efecto invernadero superan con creces los meramente económicos.

Cuadro 7.15. Resumen global del barrio de Montbau sin rehabilitar y rehabilitado con las propuestas óptimas, en los años 25 y 50. Consumo total de energía de calefacción, emisiones de CO₂ eq con el escenario del coste económico del 6%.

CONJUNTO DEL BARRIO DE MONTBAU	Número de viviendas	Superficie construida	Total energía de calefacción kWh	% reducción energía de calefacción	Total emisiones de Kg CO ₂ eq	% reducción emisiones CO ₂ eq de calefacción	Total Coste energía de calefacción al 6% €	% reducción coste energía de calefacción
SIN REHABILITAR AÑO 25	1.959	160.286	179.776.348		49.498.919		28.150.418	
REHABILITADO AÑO 25	1.959	160.286	106.051.437	41	31.531.808	36	41.993.197	-49
SIN REHABILITAR AÑO 50	1.959	160.286	335.603.543		97.093.345		149.925.283	
REHABILITADO AÑO 50	1.959	160.286	157.999.235	53	46.743.719	52	82.410.581	45

Al comparar el escenario del año 50 entre los edificios sin actuar y rehabilitados representan una disminución el consumo de la energía del 53% reducción de emisión de gases en un 52% y una disminución en el coste de la energía del 45%.

Actualizar la envolvente de los edificios con una solución optima entre costes de inversión y resultados puede llevar a reducciones en el consumo, las emisiones y en su coste de valores superiores al 50% del consumo de estos sin rehabilitar. Los valores de uso se reducen considerablemente, pero los valores iniciales de inversión inciden sobre los resultados globales. Los resultados generales corroboran la necesidad de actuar el las envolventes de los edificios y los beneficios que reportan tanto a medio plazo -25 años- como a plazo normal -50 años-.



8

**Conclusiones finales y futuras
líneas de investigación**

8.1

introducción

La envolvente térmica de un edificio constituye el único parámetro sobre el cual se puede incidir para optimizar el ahorro de energía, las emisiones de CO₂ eq y la eficiencia energética y económica para ofrecer el grado necesario de confort a los habitantes. La existencia de pérdidas térmicas en la envolvente de los edificios, supone un derroche energético, con el incremento de las emisiones de CO₂ eq y el correspondiente coste económico, ya que se aumenta el consumo debido a la sobreutilización de los sistemas térmicos para compensar las pérdidas que se producen a través de la envolvente y satisfacer las necesidades de los usuarios contribuyendo a la sostenibilidad de la ciudad y el planeta.

El objetivo central de la tesis es el de estudiar y analizar la efectividad energética, de emisiones de CO₂ eq y económica tras la intervención de las envolventes de los edificios. Se escogió como objeto de estudio el barrio de Montbau, en Barcelona, España, un grupo de edificios de vivienda construidos entre los años 60 y 70- polígonos levantados para dar cobijo a la población- que en la actualidad requieren de una intervención para lograr las condiciones mínimas de confort, sin afectar el medio ambiente. Para el estudio se analizaron los edificios tipo, así como las características de su emplazamiento y condiciones actuales. Para ello fue preciso obtener resultados del comportamiento de la envolvente actual, mediante análisis informáticos, de estos edificios tipo –Bloque A / Dúplex, Bloque EF / Lineal, Bloque Q / Torre, Bloque UNI14 / unifamiliar- en Barcelona y paralelamente, de forma complementaria, establecer un análisis del comportamiento de estos en otras zonas climáticas del territorio (Ver capítulo 4).

Se planteó la intervención de la piel de los edificios tipo – con materiales de aislamiento estándar- para analizar el comportamiento de estos y comparar la situación de la actual y los efectos tras la intervención a nivel de edificio y de barrio (Ver capítulo 5).

Se hizo el análisis constructivo de los edificios tipo y se propusieron dos soluciones estandarizadas, con diversos grosores de aislamiento de las que se valoran sus costes energéticos, de emisiones y económicos a implantarse sobre los edificios tipo (Ver capítulo 6).

Con los datos obtenidos –comportamiento actual, comportamiento mejorado y costes constructivos de la mejora- se diseñó una hoja de cálculo para analizar el comportamiento de los edificios tipo en un

plazo de 50 años, como herramienta de análisis que permite comparar y sacar conclusiones.

Se estableció, con los resultados de las mejoras tras la intervención, un análisis de eficiencia entre emisiones de CO₂ eq y coste económico, para finalmente obtener una visión global de barrio de lo que representa rehabilitar un conjunto de viviendas y las mejoras que se obtendrían (Ver capítulo 7).

El estudio arroja las bondades -en cifras- de la rehabilitación frente a la demolición o construcción de parque inmobiliario frente las necesidades actuales en tiempos de crisis económica y ambiental.

Como conclusiones del estudio a continuación se establecen las siguientes:

8.2

Consecuencia del estado actual de los edificios

Según sus materiales

Las envolventes actuales son grandes transmisores de energía hacia el exterior, los análisis termográficos realizados, evidencian pérdidas de energía a través de los cerramientos -forjados, compartimentaciones exteriores, muros medianeros, oberturas, cajas de persianas, etc-. La envolvente actual de los edificios tipo del Barrio de Montbau, no cumple los requisitos mínimos de confort establecidos por la normativa vigente. Para conseguir el confort mínimo se debe utilizar una considerable cantidad de energía, con las consiguientes emisiones de CO₂ eq a la atmosfera y coste económico elevado.

Según su orientación

Los análisis evidencian que la modificación de la orientación de los edificios de Montbau, , no produciría resultados evidentes que afecten el comportamiento de estos.

Así entonces, los cambios de orientación no generan cambios drásticos, debido a las condiciones constructivas de la piel -muros y ventanas- que no retienen la energía en el interior. Las condiciones de mejora logradas en el cambio de posición se perderán por la transmisión térmica a través de la envolvente como elemento regulador en los casos analizados.

Según su localización

El estudio comparativo de los edificios tipo en diversos climas – Barcelona, Madrid y Girona- corrobora que a mayor severidad climática, mayores necesidades de energía para obtener un confort similar. Debido a las condiciones de la envolvente de los edificios a mayor severidad climática, mayores pérdidas de energía pues la envolvente es un gran disipador de esta.

Según su forma

Todos los edificios tienen un alto consumo energético, con elevadas emisiones de CO₂ eq y costes económicos.

La tipología de edificios de mayor consumo serán las unifamiliares – bloque UNI14-, luego los dúplex -bloque A-, seguidos por la tipología lineal –bloque E/F- y finalmente el tipo torre –bloque Q-. Los edificios más compactos Q y E/F son los de menor consumo de energía seguidos del A y finalmente el UNI14.

Los análisis y resultados permiten concluir que existe una marcada relación entre la cantidad de envolvente del edificio y la cantidad de superficie útil que engloba en su interior. A menor cantidad de superficie externa por mayor superficie interna habría menores pérdidas de energía por la envolvente que la separa del exterior. Por lo tanto, las viviendas unifamiliares serán las de mayores transferencias de energía hacia el exterior por la mayor proporción de envolvente, seguida del edificio A, de tipo dúplex y finalmente el bloque lineal y la torre.

8.3

Consecuencia de la intervención en la envolvenmte de los edificios tipo

Según sus materiales

Modificar el vidrio y las carpinterías que lo sostienen, tienen poca influencia para reducir el consumo y las emisiones de CO₂ eq.

Actuar sobre las oberturas es la parte más sencilla y directa de mejorar un edificio ya que se puede trabajar de manera individual modificando una vivienda o haciendo modificaciones colectivas-. Los resultados del estudio arrojan la evidencia de una mejoría con las modificaciones en la oberturas en el comportamiento del edificio -entre un 8 y un 16%- , aún insuficiente. La pérdida de energía a través de la parte opaca, impide conseguir el grado de confort deseado.

En el análisis se constató que utilizar materiales específicos de aislamiento en la envolvente, sea cual sea el tipo escogido, producirá mejoras en el confort, emisiones, consumo de energía y en los costes a futuro. En el caso de Barcelona con la utilización del aislamiento considerado, se obtienen reducciones entre un mínimo de 34,9% (7cm UNI14) a un máximo de 89% (40 cm Bloque EF). Es necesario encontrar el punto de equilibrio en el grosor del aislamiento ya que aumentar el grosor de este, está sujeto a la ley de rendimientos decrecientes y el ahorro que se produce con los primeros centímetros es comparable al de duplicarlo o triplicarlo. También se constata la mejoría de los edificios en cualquier clima pues el confort interno en climas más severos necesitará de un mayor grosor de aislamiento.

Según la tipología edificatoria

Los estudios permiten afirmar que la tipología edificatoria influirá en los resultados de consumo para un mismo grosor de aislamiento. Para un grosor de 7cm el Bloque EF lineal acusa una mejoría de un 76% respecto de su estado inicial, el Bloque A dúplex un 56%, el Bloque A torre con un 48% y finalmente el UNI 14, tipología de unifamiliares en hilera, con un 35%. Estas diferencias se producen por la forma del edificio y la cantidad de piel en contacto con el exterior. La viviendas unifamiliares tiene el peor comportamiento ya que disponen de una gran cantidad de piel por el volumen que engloban- tal y como se comentó en el capítulo 3-. En el extremo opuesto en cuanto a mejor comportamiento será el EF, edificio más compacto en proporción a su volumetría y superficie.

Según su localización

Las mejoras planteadas –vidrios y aislamiento- son homogéneas en todos los climas analizados. Por lo tanto para un mismo grosor se obtendrán respuestas distintas en función de la ubicación del edificio. Para climas más benignos como el de Barcelona, se obtendrán mejores resultados con los mismos grosores de aislamiento.

8.4

Consecuencias de la demanda de materiales

Según la opción constructiva

Las dos soluciones constructivas propuestas se adaptan a los edificios tipo y por extensión a todos los edificios del barrio de Montbau. Las dos soluciones constructivas –T1 superpuesta y T2 ventilado- tienen consumos de construcción, emisiones y costes parecidos. La T2 tiene un consumo de fabricación más elevado pero unas emisiones menores de CO₂ eq.

Respecto de las cubiertas, la T1 invertida con acabado de grava produce muchas menos emisiones de CO₂ eq que la T2 ventilada, ésta última transforma la cubierta en utilizable, tema que hay que valorar en cada proyecto arquitectónico. Los costes económicos son similares aunque más elevados en el T2.

Con respecto a las oberturas, la carpintería de madera es la propuesta más ventajosa, a pesar de requerir un mantenimiento cada 4 años. Por otro lado, las carpinterías de aluminio no requieren mantenimiento, pero tendrán un coste de fabricación más elevado y principalmente, un consumo de energía de fabricación y de emisiones de CO₂ eq superiores a la madera.

Según la colocación

Las propuestas constructivas seleccionadas actúan desde el exterior. El rehabilitar los edificios desde el exterior, presenta varias ventajas. No acarrea costos en cuanto a desplazamiento de los habitantes, no se afecta la superficie útil de las viviendas, mejora la estanqueidad del edificio, reduce los puentes térmicos y regenera la imagen global de este.

8.5

Efectividad de las propuestas constructivas utilizadas con los diversos grados de aislamiento en función del tiempo de optimización.

Tiempo - energía (kWh)

La inversión realizada en energía (kWh) para rehabilitar los edificios más la energía de uso -que se ha reducido gracias a la rehabilitación- en comparación con la energía consumida para su uso sin rehabilitar

queda equilibrada en un tiempo prudencial, entre un mínimo de 4 años y un máximo de 25 para los edificios A, EF y Q, para las dos soluciones constructivas, grosores de aislamiento propuestas y carpinterías. Las propuestas con carpintería en madera quedan optimizadas en un periodo más corto, entre los 4 y 10 años, debido a las necesidades de energía en su fabricación en comparación con el aluminio.

Las viviendas unifamiliares UNI14, necesitan un periodo de tiempo mayor para lograr su optimización, entre un mínimo de 11 años –T1 superpuesta con grosores de aislamiento de 7/10 / 15 cm y carpintería en madera- y un máximo de 46 –T2 ventilada con grosor de 40 cm y carpintería de aluminio-. Esto se produce, en comparación con los bloque de viviendas, por la mayor cantidad de superficie de piel que tienen esta viviendas en comparación con la superficie que cobijan.

Al observar todas las gráficas de consumo de energía, los diversos grosores de aislamiento tienden a unirse con el paso del tiempo. A los 50 años los grosores de 7, 10 y 15 cm se entrecruzan en la mayoría de propuestas, y los resultados con un grosor de 40 cm se distancian. Esto significa que el punto óptimo de inversión se obtiene alrededor del grosor de 15 cm, así entonces, sobrepasar determinado grosor genera una mayor inversión en energía para su rehabilitación, y requeriría mucho más tiempo para equilibrarse.

Tiempo – emisiones de gases de efecto invernadero (kg CO2 eq)

La reducción de gases de efecto invernadero (Kg CO2 eq) sigue un proceso paralelo al de el consumo de energía. El coste de inversión en rehabilitación sumado al uso en comparación con las emisiones de los edificios tipo sin rehabilitar quedan optimizadas entre los 5 y un máximo de 30 años para los edificios A, EF y Q, con las propuestas constructivas T1 y T2 con los diversos grados de aislamiento y carpintería en madera. Con las propuestas en aluminio estas se extienden entre los 19 y 38 años.

Las viviendas unifamiliares necesitan un tiempo de optimización superior a los 50 años para las propuestas constructivas con carpinterías de aluminio. Para las propuestas constructiva T1 superpuesta, carpintería en madera y grosores entre 7 y 15 cm de aislamiento estándar la optimización se produciría entre los 17 y 22 años según el grosor.

Paralelamente al consumo de energía, los resultados de los grosores entre 7 y 15 tienden a juntarse con el paso del tiempo, obteniéndose los mejores resultados alrededor del grosor de 15 cm. Grosores

superiores a éste implican mayores tiempo de optimización de la inversión de rehabilitación.

· **Tiempo – escenarios económicos (3, 6, 10 % incremento del coste de la energía)**

Se establecieron tres escenarios económicos donde se supuso un incremento del precio de la energía anual de un 3, un 6 y un 10 %. Los precios de rehabilitación de la piel del edificio son idénticos en todos los casos y se establecieron para el año 2012.

Con un incremento del precio de la energía de un 3% el tiempo de optimización se dilata en el tiempo sobrepasando los 50 años en los casos de los edificios Q y UNI14, sobrepasando los 40 años con el resto de edificios.

Con un incremento del 6% el lapso de tiempo de optimización para los distintos edificios se establece entre los 30 y 45 años en función de la propuesta constructiva seleccionada. La propuesta constructiva T1 con carpintería de aluminio suelen ser más costosa, aunque también influye la cantidad de superficie externa que envuelve las diversas edificaciones.

El incremento del precio de la energía de un 10% lleva a establecer un intervalo de optimización entre los 21 y 30 años, para todas las propuestas constructivas y grosos.

Los resultados del análisis permiten concluir que la rehabilitación extiende la vida útil de los edificios y aunque los beneficios se evidencien en las gráficas de estudio a largo plazo será el gasto de energía una de las variables más importantes en todos los casos.

8.6

Visión global de la rehabilitación del Barrio

Las relaciones de eficiencia entre emisiones de gases de efecto invernadero y los diversos escenarios de costes económicos, nos llevan a poder seleccionar unas opciones constructivas para cada uno de los tipos de edificios analizados que son las más eficientes con los criterios establecidos en el estudio. Para el Bloque A dúplex, EF lineal y Q torre la propuesta más eficiente sería propuesta constructiva T2 ventilada con carpintería en madera y 15 cm de aislamiento estándar. Para el bloque UNI14 unifamiliar sería T1 superpuesta con carpintería de madera y 10 cm de aislamiento.

Con estas propuestas constructivas extendidas al global de todos los edificios del Barrio de Montbau y suponiendo un incremento del coste de la energía de un 6%, obtenemos a los 25 años de utilización una reducción del 41% en el consumo de energía, un 36% de emisiones de CO₂ eq y un déficit del 49% en el coste económico. A los 50 años de utilización el consumo se reduce hasta el 53%, las emisiones de CO₂ eq hasta el 52% y se reduce el coste económico en un 45%.

Con estos datos se corrobora que actuar sobre la envolvente actual de los edificios tiene unos beneficios energéticos, medioambientales y económicos. Rehabilitar la piel de los edificios existentes puede ser un factor determinante ya que reduce el consumo de energía, disminuye las emisiones de CO₂ eq a la atmósfera, aumenta el confort y contribuye de manera drástica al equilibrio económico y a la regeneración del entorno y del planeta.

8.7

Costos para el planeta

Los análisis permiten concluir la necesidad de rehabilitar como opción para contribuir a la sostenibilidad y enfrentar la crisis que sufre el planeta con resultados evidentes a largo y mediano plazo. El análisis de las gráficas permite evaluar las cifras significativas, en el caso de toneladas de CO₂ eq emitidas a la atmósfera de los edificios sin rehabilitar, consumo de energía y costes. Las cifras evidencian una reducción de hasta el cincuenta por ciento de ahorro energético así como la emisión de las toneladas de emisiones de CO₂ eq a la atmósfera, utilizando las soluciones constructivas y grosores propuestos, los cuales se establecieron teniendo en cuenta su durabilidad, efectividad y manejo medioambiental.

La recuperación de los edificios permitirá así mismo, recuperar entornos, reconstruir tejidos sociales y ofrecer las condiciones de habitabilidades justas y equitativas para un óptimo desarrollo social.

8.8

Futuras líneas de investigación

- Aplicar este tipo de análisis para el estudio de oficinas, fábricas, complejos deportivos, edificios o sectores que demandan una actualización de sus envolventes para asegurar su confort sin afectar el medio ambiente.

- Continuar el análisis de barrio establecido en el polígono de Montbau a otros conjuntos en sus mismas situaciones y valorar las reducciones de consumo de energía, emisiones de gases y disminución del coste económico y su posibilidad de puesta en marcha.
- Comparar los resultados de este estudio con los establecidos por el CTE, ventajas y desventajas y cuantificar las diferencias de consumo de energía y emisiones de gases de efecto invernadero a la atmosfera para establecer cuál es el punto óptimo para conseguir los mejores resultados frente a las necesidades de una ciudad sostenible.
- Sobre los análisis y resultados y en diferentes casos en ciudades españolas o a nivel europeo, analizar las variables o fluctuaciones de los costes de energía producidos los últimos años para establecer unos parámetros de fluctuación de los precios de la energía y cómo estos afectarían al consumo de las viviendas, los barrios y sus afectaciones a nivel local y mundial.
- Desarrollar el análisis en casos distintos y sobre la misma metodología suponiendo las variaciones de la tasa de descuento o costo de capital que se aplica para determinar el valor actual de un pago futuro. Este análisis de las fluctuaciones de la tasa serviría para conocer los valores actuales de unos costes de uso futuros para la puesta en marcha de diversos proyectos.
- Sobre los estudios se podría analizar a profundidad, en relación a la demanda de materiales, otros factores como el transporte desde los lugares de producción hasta la obra o la gestión de los residuos de rehabilitación en el trinomio energía, emisiones de gases y coste económico para evaluar el impacto ambiental del transporte.
- Concientizar a través de resultados evidentes sobre la importancia de la rehabilitación de los edificios a través de herramientas de cálculo y análisis, tanto a ciudadanos como a empresas promotoras y constructoras para posibles intervenciones a futuro.
- Aplicar la metodología de estudio a barrios con climas más cálidos de la Península –sur de España- incorporando las necesidades de refrigeración en el análisis de los edificios. Estudiar las necesidades de protección, para minimizar el consumo de energía, tanto de las partes opacas como transparentes. Potenciar la refrigeración natural, para reducir los consumos de energía y conseguir el confort deseado.



bibliografía

A

Abley, I (2011). Aislamiento al vacío o ecoespesor: a tu elección, Detail 07/2011 Bilbao; Detail. ISSN 1578-5769

Aemet. Valores medios en el observatorio de Barcelona / Aeropuerto, (1981-2010), Guía resumida del clima en España,. www.aemet.es (Acceso abril 2014).

Aemet. Valores medios en el observatorio de Madrid / Aeropuerto, (1981-2010), Guía resumida del clima en España,. www.aemet.es (Acceso abril 2014).

Aemet. Valores medios en el observatorio de Girona / Aeropuerto, (1981-2010), Guía resumida del clima en España,. www.aemet.es (Acceso abril 2014).

Alió, Ma A (1999). Per a Viure bé nosaltres i les generacions que vindran. Com prendre part a fer sostenibles els nostres pobles i ciutats. Barcelona: Diputació de Barcelona.

AMAT, E. Vida Social i Associacionisme al Barri de Montbau. Barcelona, TFC Humanitats, Universitat Oberta de Catalunya, 2006. Consultado en abril 2014 en: <http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/handle/10609/1224?mode=full>.

Araujo, R (2009). El edificio como intercambiador de energía. Tectónica, energía I, Número 28. (febrero). Madrid ISSN 1136-0062, p 4 a 27

Araujo, R, (2007). La arquitectura como técnica. Madrid; A.T.C. Ediciones S.L. ISBN: 978-84-920517-0-0.

Area de Serveis Socials (1981). El Polígon De Canyelles : L'Últim Barri Construït a Barcelona. Barcelona: Ajuntament de Barcelona.

Armas, Ma E (2011). Análisis del impacto ambiental de la adaptación al código técnica de la edificación (CTE) de la envolvente en los hoteles de Gran Canaria. (tesis de doctorado). Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona, España.

Avellaneda,J (2012). Fabricas de Ladrillo. Tectónica (15), pag 22 a 35.

B

Banham, P R,. La Arquitectura del Entorno Bien Climatizado. (1975) Ed Infinito. Buenos Aires.

Barcelona; and Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya.(1986) Anàlisi Del Desenvolupament De La Rehabilitació a Espanya :Seminari : Barcelona: Documents De Treball. Barcelona: Itec, 1987. ISBN 8485954374.

Bellmun, R; Palomeque, P (1988). Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya. Què Cal Saber Per Fer Obres De Rehabilitació? :Guia Pràctica. Barcelona: Itec,. ISBN 8485954637.

Bellmun, R, et al(1985). Fichas De Rehabilitación. Barcelona: Itec. ISBN 8485954130.

Bohigas, O (1965) El Polígono De Montbau en: Quaderns d'Arquitectura i Urbanisme n 61 Barcelona: Colegio de Arquitectos de Catalunya.

Brian, E (2008). Guía básica de la sostenibilidad. Barcelona. Editorial Gustavo Gili. ISBN: 978-84-252-2208-5

Blos, D et al. (2008). Los Polígonos De Vivienda Social. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya. ISBN 9788469120583.

C

Casanovas, X; et al (2008). Método Rehabimet, Arquitectura Tradicional mediterránea. Barcelona: Col·legi d'Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Barclona.

Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya (1983). Jornades De Rehabilitació d'Habitatges :Ponències, Comunicacions i Conclusions. Barcelona: Itec. ISBN 8485954084.

Carta de las ciudades europeas hacia la sostenibilidad. (La Carta de Aalborg). Disponible en: http://www.laciudadviva.org/opencms/opencms/foro/documentos/fichas/Familias_de_documentos/Conferencia_Internacional_de_Sevilla-Enero_2008/Articulos/Ciudades_europeas_por_la_sostenibilidad-Carta_de_Aalborg-1994.html (acceso febrero de 2014)

Coch, H; Serra, R (1999). El Disseny Energètic a l'Arquitectura. Barcelona: Edicions UPC. ISBN 8483013592.

Coch, H; Serra, R, et al (1994). El desseny energètic a l'arquitectura. Barcelona: Edicions UPC. ISBN 84-7653-378-0

Coch, H; Serra, R (2003). La Utilitat Dels Espais Inútils. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya. ISBN 8468847402.

Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible, 2012. Disponible en: <http://www.un.org/es/sustainablefuture/about.shtml> (acceso febrero de 2014)

Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Humano. Disponible en: <http://www.dipublico.com.ar/conferencias-diplomaticas-naciones-unidas/conferencia-de-las-naciones-unidas-sobre-el-medio-humano-estocolmo-5-a-16-de-junio-de-1972/> (acceso febrero de 2014)

Cuadernos De Arquitectura y Urbanismo. N. 105 (Nov.-Dic. 1974), p. 52-55. Los Polígonos De La OSH : Características De Los Grupos y Polígonos De La OSH en Barcelona. Barcelona. Colegio de Arquitectos de Calauña.

Cuchi, A, et al (2002). La Coberta Captadora Als Edificis d'Habitatges :Línia De La Construcció Les Noves Exigencies.ITeC. Barcelona: Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya. ITec,. ISBN 8478534350.

Cuchi, A (2009). La qualitat ambiental als edificis. (manuals d'ecogestió; 29). Barcelona: Departament de Medi Ambient i Habitatge, Generalitat de Catalunya.

Cuchi, A; Wadel, G (2007). Guía De La Eficiencia Energética Para Administradores De Fincas. Barcelona: Fundación Gas Natural. ISBN 9788461147489

Cuchi, A, et alt (2010). Cambio global España 2020/2050, sector edificación. Madrid; Green Building Council, España. ISBN 978-84-61404-57-5

Cuchi, A, Sweatman, P (2011). Una visión – país para el sector de la edificación. Hoja de ruta para un nuevo sector de la vivienda. GTR

Cuchi, A, Sweatman, P (2012). Informe GTR 2012, Una visión – país para el sector de la edificación. Plan de acción para un nuevo sector de la vivienda. GTR

C Cuchi, A, Sweatman, P (2013) Informe GTR 2014, Estrategia para la Rehabilitación. Green Building Council España y Fundación CONAMA.

Cuchi, A, Sweatman, P (2014). Informe GTR 2014, Estrategias para la rehabilitación. Claves para transformar el sector de la edificación en España. GTR.

Cumbre mundial sobre desarrollo sostenible en Johannesburgo. Disponible en: http://www.un.org/spanish/esa/sustdev/WSSDsp_PD.htm (acceso febrero de 2014).

Cumbre sobre el cambio climático de Bali, 2007. Disponible en: <http://www.un.org/es/climatechange/negotiations.shtml>(acceso febrero de 2014).

D

De Luxan, M. Vazquez, M, Gomez, G, Roman, M y Barbero, M: Actuaciones con criterios de sostenibilidad en la rehabilitación de viviendas en el centro de Madrid. Madrid: EMVM 2009 – ISBN 9788493571986.

Druot, F; Lacaton, A; Vassal, JP.(2007) Plus : La Vivienda Colectiva, Territorio De Excepción = Les Grands Ensembles De Logements, Territoire d'Exception, Large-Scale Housing Developments, an Exceptional Case. Barcelona: Gili.

De Muga, P; Garcia, L. (2006) Barcelona : Arquitectura Moderna : 1929-1979. Barcelona: Polígrafa : Ajuntament de Barcelona,. ISBN 8434311267 (Polígrafa).

Documento Básico DB HE: Ahorro de energía, (2013), con corrección de errores del BOE 08/11/2013.

Díaz; C et al (1991). Aproximació a l'Evolució i Al Comportament Derivat De Les Tècniques Constructives Utilitzades En Els Tipus Edificatoris Exempts Destinats a Habitatge Econòmic a Catalunya. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya. ISBN 8476530544.

Díaz, C, et al (1986). Aproximació a l'Evolució i Al Comportament Derivat De Les Tècniques Constructives Utilitzades En Els Tipus Edificatoris Exempts Destinats a Habitatge Econòmic a Catalunya (Període 1954-1976).

E

Edwards, B (2008). Guía Básica De La Sostenibilidad. Barcelona: Gustavo Gili.

Escudero, J M.;Kuri, R (1986) Estrategias y Criterios :Hacia Una Racionalización Del Diseño y La Construcción En La Vivienda Social. Madrid: Fundación Banco Exterior. ISBN 845052332X.

El Club de Roma. Disponible en: <http://www.clubofrome.org/?p=4781> (acceso febrero de 2014).

El cénit del petróleo, un elemento fundamental de la crisis energética global. Oceas / Observatorio de la crisis energética y las alternativas de sociedad. PDF en: http://loff.cat/imagenes/dependencia/OCEAS%20%20cenit%20petroli%20_2_.pdf

Evolución del precio de la electricidad. Composición de la factura eléctrica y déficit del sistema. El País, Madrid, España. 23 de diciembre de 2013. En: http://elpais.com/elpais/2013/12/19/media/1387476779_218477.html

El calentamiento global ha desplazado a 144 millones de personas en cinco años. El País, Madrid, España. 22 de mayo de 2014. En: http://sociedad.elpais.com/sociedad/2014/05/06/actualidad/1399410308_743685.html

EEUU prueba a sus ciudadanos que el calentamiento es real. En: El País, Madrid, España. 7 de mayo de 2014. http://sociedad.elpais.com/sociedad/2014/05/22/actualidad/1400771922_130152.html

Ecoinvent, Extraídos de la base de datos ecoinvent v2.2 (ecoinvent 2009), ligada al software Simapro 7.2.0 (Pré Consultants 2010). Se han obtenido mediante análisis de ciclo de vida utilizando el CML IA method (Guinée et al. 2002).ecoinvent, 2009: Swiss Centre for Life Cycle Inventories. Ecoinvent database v3.0. Technical report. <http://www.ecoinvent.ch/> (acceso abril 2014).

F

Ferrer, A (1974). Polígonos De Vivienda En La Comarca De Barcelona. Barcelona: Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona, DL.

Ferrer, A (1982). La vivienda masiva y la formación de la Barcelona metropolitana: los polígonos de vivienda en Barcelona 1950-1975. Tesis doctoral dirigida por Solà-Morales, Manuel de. Barcelona. Universitat Politècnica de Catalunya.

Ferrer, A (1996). Els Polígons De Barcelona : L'Habitatge Massiu i La Formació De l'Àrea Metropolitana. Barcelona: Edicions UPC. ISBN 8483011409.

Fitzgerald, E et alt. (1999). Un Vitruvio Ecológico, Principios y Práctica del Proyecto Arquitectónico Sostenible. Energy Reserch Group, University College Dublin Madrid; Gustavo Gili. ISBN: 978-84-252-2155-2

G

Gimenez , A; Monzonis, C (2007). Rehabilitación En Vivienda. Alboraya, Valencia: Pencil, DL. ISBN 9788493514556

Gómez, Y (2010). Rehabilitación energética en edificios de mas de 30 años mediante el uso de recursos informáticos. Aplicación a una edificación ubicada en la provincia de Pontevedra. (tesis de master) . Universidad Politècnica de Catalunya, Barcelona, España

Gauzin-müller, D (2003). Arquitectura ecológica. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.

I

Isover y la sostenibilidad. Saint Govain. Materiales aislantes y sus ciclos de vida. <http://www.isover.es/ISOVER-y-la-Sostenibilidad/Materiales-aislantes-y-sus-ciclos-de-vida>.

Institut de Tecnologia i Edificació de Catalunya –ITEC- (2012). TCQ2000 Programa para proyectos y obras de construcción, año de utilización con sus correspondientes bases de datos año 2012.

Institut de Tecnologia i Edificació de Catalunya –ITEC- (2005). Pràctiques de sostenibilitat en l'edificació. Barcelona: ITEC, Generalitat de Catalunya.

Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya; BORRELL, A UBACH, A (1982). L'Habitatge :Manual De l'Usuari. Barcelona: Generalitat de Catalunya. Departament de Política Territorial i Obres Públiques, Servei de Publicacions. ISBN 8450053544.

Izard, J; Guyot, A (1980). Arquitectura bioclimática. Barcelona: Gustavo Gili.

J

Jourda, FH (2012). Pequeño Manual del proyecto sostenible. Barcelona: Gustavo Gili.

L

La tierra, cambios profundos en 2050. El País, Madrid, España, 20 de mayo de 2014. En: http://sociedad.elpais.com/sociedad/2014/05/20/actualidad/1400604766_206368.html

La población española cae por la fuerte salida de extranjeros. Disponible: http://sociedad.elpais.com/sociedad/2013/06/25/actualidad/1372159628_306536.html (acceso febrero 2014)

La Mina : Transformació Urbana Del Barri = Transformation Urbaine Du Quartie (2004)r. Quaderns d'Arquitectura i Urbanisme. N. 240, p.146-149

Landinez, R (2010). Rehabilitar Habitabilidad: Evaluación de los beneficios energéticos y de emisiones de CO2 de la rehabilitación ambiental en un tejido urbano residencial. (tesis de master) Universidad politécnica de Catalunya, Barcelona, España.

Los Polígonos De La OSH : Características De Los Grupos y Polígonos De La OSH En Barcelona (Nov Dic 1074). Cuadernos De Arquitectura y Urbanismo. N. 105, p. 52-55.

M

Malmö: Ekostaden Augustenborg Sostenible Regeneración Urbana De Un Barrio. Available from:<<http://www.eaue.de/winuwd/189.htm>> (acceso febrero 2014).

Mazria, E (1979). El libro de la energía solar pasiva. Barcelona: Gustavo Gili

Martorell, P, et al (1999). Les energies renovables en l'arquitectura i les ciutats. Barcelona: Coligi d'Arquitectes de Catalunya, Demarcació de Barcelona.

Meijer, F, Murphy, L, (2011). Mejora del comportamiento energético del parque de viviendas europeo, en: Detail 07/2011 Bilbao; Detail. ISSN 1578-5769.

Memoria De Las Actividades Del Patronato Municipal De La Vivienda De Barcelona En 1969. Barcelona: el Patronato, DL, 1970.

Mercader, Ma P (2010). Cuantificación de los recursos consumidos y emisiones de CO2 producidas en las construcciones de Andalucía y sus implicaciones en el protocolo de Kioto (tesis de doctorado). Universidad de Sevilla, Sevilla, España.

Mitja, A; Esteve, J; Escobar, J (1986). Estalvi d'Energia en el disseny d'edificis. Aplicació de sistemes d'aprofitament solar passiu. Barcelona: Generlitat de Catalunya, Departament d'Industria i Energia.

Mitchell, WJ (2001). e-topia, "vida urbana, jim; pero no la que nosotros conocemos". Bracelona: Gustavi Gili.

O

Olgay, V (1998). Arquitectura y clima: manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas. Barcelona; México: Gili. ISBN 8425214882.

P

Patronato Municipal de la Vivienda (1970).Memoria De Las Actividades Del Patronato Municipal De La Vivienda De Barcelona En 1969. Barcelona: el Patronato.

Pala, M, et al (1996). Barcelona Contemporània = Contemporary Barcelona : 1856-1999. Barcelona: Centre de Cultura Contemporània de Barcelona : Institut d'Edicions de la Diputació de Barcelona, DL,. ISBN.

Para contener el cambio climático hay que reducir las emisiones hasta un 70%. Recuperado julio de 2014. El País, Madrid, España. 13 de abril de 2014.http://sociedad.elpais.com/sociedad/2014/04/13/actualidad/1397403853_326438.html.

Patzild, M, Musso, F. (2010). Principios y desarrollo de los sistemas compuestos de aislamiento térmico. Nuevos desarrollos a partir de la

normativa alemana de energía de 2009. Detail: revista de arquitectura y detalles constructivos, ISSN 1578-5769, N.º. 1, 2010 (Ejemplar dedicado a: Construcciones Sólidas), pp. 84-88

Programa DesingBuilder, para el cálculo de cargas de calefacción y refrigeración. Evaluando los consumos energéticos, confort y emisiones de CO2 entre otros. Utilizando como motor de calculo el programa Energyplus desarrollado por el Departamento de Energía de los EEUU. Versión 3,

Projectes De Recerca i Rehabilitació. Disponible en: <<http://www.adigsa.cat>>. (acceso febrero de 2014)

Proyecto Arquata a Torino. Available from: <<http://www.polycity.net/es/arquata-torino.html>>. 14. Rehabilitación Winarskyhof. , 2009 Available from: <http://www.gsd.at/Home/Referenzprojekte/Aktuelle_Projekte/Winarsky_Hof/index.php>. (acceso febrero de 2014)

Planeamiento Del Núcleo Satélite De "Montbau en Quaderns d'Arquitectura i Urbanisme n 37, J. Subias Fages, G. Giraldez Davila, P. Lopez Iñigo (1959). Barcelona: Colegio de Arquitectos de Catalunya.

Plan de ahorro y eficiencia energética en España 2011-20120. Disponible: <http://www.idae.es/index.php/idpag.89/relcategoria.1154/relmenu.11/mod.pags/mem.detalle> (acceso febrero de 2014)

Protocolo de Kioto. Disponible en : <http://www.un.org/es/climatechange/kyoto.shtml> (acceso febrero de 2014)

PMV (1962). Vivienda : Boletín Informativo Del Patronato Municipal De La Vivienda De Barcelona. Barcelona:PMV. ISSN 0042-756X.

R

Reyes, C; Baraona, E Pirillo, C (2007). Arquitectura Sostenible. Alboraya, Valencia: Pencil, DL, 2007. ISBN 9788493514532

Resumen informe Bruntland. Disponible en: <http://www.oarsoaldea.net/agenda21/files/Nuestro%20futuro%20comun.pdf> (acceso febrero de 2014)

Resumen Cumbre para la tierra, Rio de Janeiro 1992: Disponible en: <http://www.un.org/spanish/conferences/cumbre&5.htm> (acceso febrero de 2014)

Real Decreto 2429/79, de 6 de julio, por el que se aprueba la normativa básica de la edificación NBE-CT-79, sobre condiciones térmicas en los edificios.

Rovira, J y Casado I, (1999). Guia de l'Edificació Sostenible. Barcelona; Institut Cerdà. ISBN 84-87104-38-X.

Rogers, R; Gumuchdijan, P (2000). Ciutats per un planeta petit.. Barcelona: Diputacio de Barcelona.

S

Sauer, B (2005). Hacia Una Arquitectura Sostenible. Valencia: ICARO, Colegio Territorial de Arquitectos de Valencia, DL -. ISBN 8486828619 (o.c.).

Sagarra, F, et al (2003). De Les Cases Barates Als Grans Polígons : El Patronat Municipal De l'Habitatge De Barcelona Entre 1929 i 1979. Barcelona: Ajuntament de Barcelona, Patronat Municipal de l'Habitatge : VCA, DL. ISBN 8476096526.

Serra, R; Cantalops, LI (1973). Los Medios Energéticos De Diseño Arquitectónico. Barcelona: Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona.

Serra, R; Coch, H (2001). Arquitectura y Energía Natural. Barcelona: Edicions UPC,. ISBN 8483014971.

Serra, R; Coch, H, Solsona, X (2001). Les Energies a l'Arquitectura :Principis Del Control Ambiental Arquitectònic. 4a ed. Barcelona: Edicions UPC. ISBN 8483014181.

Serra, R; Isalgue, A, Sanchez, LI (2001). Arquitectura i Màquina :Principis d'instal·lacions Als Edificis. 2a ed. Barcelona: Edicions UPC. ISBN 848301498X.

Serra, R (1999). Arquitectura y Climas. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, S.A.

Simancas, K C.; Serra, R (2003).. Reacondicionamiento Bioclimático De Viviendas De Segunda Residencia En Clima Mediterráneo. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya, 2003.

Solanas, T; Calatayud, D; Claret, C (2009). 34 kg De CO2. Generalitat de Catalunya, Departament de Medi Ambient i Habitatge ed., 1a edició ed.

Solanas, A (2007). Vivienda y Sostenibilidad en España. Barcelona Gili,– ISBN 9788425221040 (v.1).

Solanas, A (2008). Vivienda y Sostenibilidad en España. Barcelona Gili, cop.2007 – ISBN 9788425222016 (v.2).

Saint-gobain Glass (2001). Manual del vidrio. Madrid. Saint-Gobain Cristalería, S.A.

SOL-ARQ, (2011). Manual de Ayuda de DesingBuilder en español. www.sol-arq.com, (acceso abril 2011).

V

Vale, B (1978). La casa autónoma. Diseño y planificación para la autosuficiencia. Segunda edición. Barcelona: Gustavo Gili.

Vivienda : Boletín Informativo Del Patronato Municipal De La Vivienda De Barcelona, 1962. ISSN 0042-756X.

W

Wassouf, M (2014). De la casa pasiva al estándar Passivhaus. Barcelona; Gustavo Gili. ISBN: 9788425224522.

Wadel, G (2009). La sostenibilidad en la construcción industrializada. La construcción modular ligera aplicada la vivienda. (tesis doctoral). Universidad Politecnica de Cataluña. Barcelona, España.

Y

Yeang, K (1999). Proyectar con la naturaleza. Bases ecológicas para el proyecto arquitectónico. Barcelona: Gustavo Gili.

Z

Zaragoza Vivienda. Rehabilitación Urbana y Residencial. Disponible en: <http://www.zaragozavivienda.es> (acceso febrero de 2014)

Zaragoza Vivienda. Rehabilitación Urbana y Residencial. Disponible en: <http://www.zaragozavivienda.es> (acceso febrero de 2014)

Zodiac n 15, J. Subias Fages, G. Giraldez Davila, P. Lopez Iñigo : Casa Subvencionada En Montbau. , 1965.

