

Lecturas energéticas de la rehabilitación de barrios

1. Introducción

En el año 2006 se inicia la rehabilitación del barrio de Ciudad de los Ángeles, situado en el distrito de Villaverde, en el sur de Madrid. Construido fundamentalmente entre los años 1950-1970, entre sus límites se localizan 441 edificios residenciales, lo que supone 7.996 viviendas, y una población de 24.250 habitantes. Desde el inicio del proceso de rehabilitación se consideró la necesidad de mejorar las condiciones de habitabilidad, para lo cual, además de la estabilidad estructural de los edificios, se priorizaron el rendimiento energético y la accesibilidad de la edificación.

Hasta la fecha, se han rehabilitado un total de 94 edificios, lo que equivale a 1.317 viviendas con una inversión total de 47.133.926,82€, de la cual aproximadamente el 31% se ha destinado a la inversión en medidas pasivas de ahorro energético, fundamentalmente en el tratamiento de las envolventes de los edificios. Con esta inversión se pretende conseguir un ahorro de la demanda de energía primaria en torno al 60%, con lo cual se contribuiría de manera importante a la estrategia planteada desde el Ministerio de Fomento para el sector de la edificación.

En el caso que nos ocupa, la rehabilitación ha priorizado la intervención sobre las envolventes de los edificios, persiguiendo mejorar las condiciones de habitabilidad de las viviendas y reducir con ello el consumo de energía. Tras más de diez años de trabajo en el ámbito, es el momento de evaluar la rehabilitación llevada a cabo. Así, el estudio realizado pretende comprobar la efectividad del aislamiento de las envolventes desde la doble perspectiva de la reducción del consumo energético y la mejora del confort resultante tras la rehabilitación.

Tomamos como punto de partida la encuesta de satisfacción llevada a cabo a lo largo de 2015 en 39 edificios y 558 viviendas cuyos resultados avanzan una mejora del confort de las viviendas, producido por la mayor eficiencia térmica de las envolventes de los edificios de Ciudad de los Ángeles. Estos datos iniciales nos inducen a pensar en la relevancia de la rehabilitación de barrios en la lucha contra el cambio climático y en la mejora de la habitabilidad de los barrios de las ciudades construidos a mediados del siglo pasado.

A partir de los edificios encuestados, se han determinado un grupo de edificios con los que obtener resultados teóricos del cálculo de demanda de energía primaria. Los datos obtenidos en el análisis de las certificaciones energéticas han sido puestos en relación con los datos de consumo facilitados por las compañías suministradoras de energía, y ambos con los resultados obtenidos de la encuesta de satisfacción y percepción de la rehabilitación.

De esta manera se han tomado como referencia 8 edificios rehabilitados entre 2011 y 2015, correspondientes a 5 tipologías edificatorias diferentes y por tanto, con distintas características de la envolvente original. A partir de las certificaciones energéticas

realizadas, se ha evaluado la demanda de energía de los sistemas constructivos antes y después de la rehabilitación. Esta se ha puesto en relación con el estudio de datos de consumo en cerca de 50 viviendas de los edificios estudiados.

Este estudio comparado nos permite obtener diferentes lecturas sobre el rendimiento efectivo de los sistemas constructivos empleados en las envolventes. En general, la efectividad de estos parece demostrarse en el comportamiento que se desprende de las certificaciones, obteniendo reducciones de la demanda de entorno al 60%. Sin embargo, los datos obtenidos de las compañías suministradoras de energía, nos hablan de una reducción del consumo que oscila entre el 10 y el 55% en las viviendas, lo que nos daría una reducción promedio del 25% en la factura energética de Ciudad de los Ángeles.

2. Metodología

La encuesta llevada a cabo pretende fundamentar un estudio más amplio sobre los efectos de la Rehabilitación en el Área de Ciudad de los Ángeles, abarcando los aspectos técnicos que han sostenido las intervenciones con los aspectos perceptivos. Se ha realizado un cuestionario a los agentes que han intervenido en cada una de las fases de la rehabilitación —desde los propietarios a los profesionales de la rehabilitación—, y cuyos objetivos concretos se relacionan con:

- Determinar el grado de conocimiento de los encuestados en cuanto a la edificación, tanto previa como posterior a las obras en la edificación.
- Detectar los principales problemas surgidos durante el desarrollo de las obras de rehabilitación.
- Dar cuenta de la adecuación de la urbanización a las necesidades del barrio en cuanto a accesibilidad y localización.

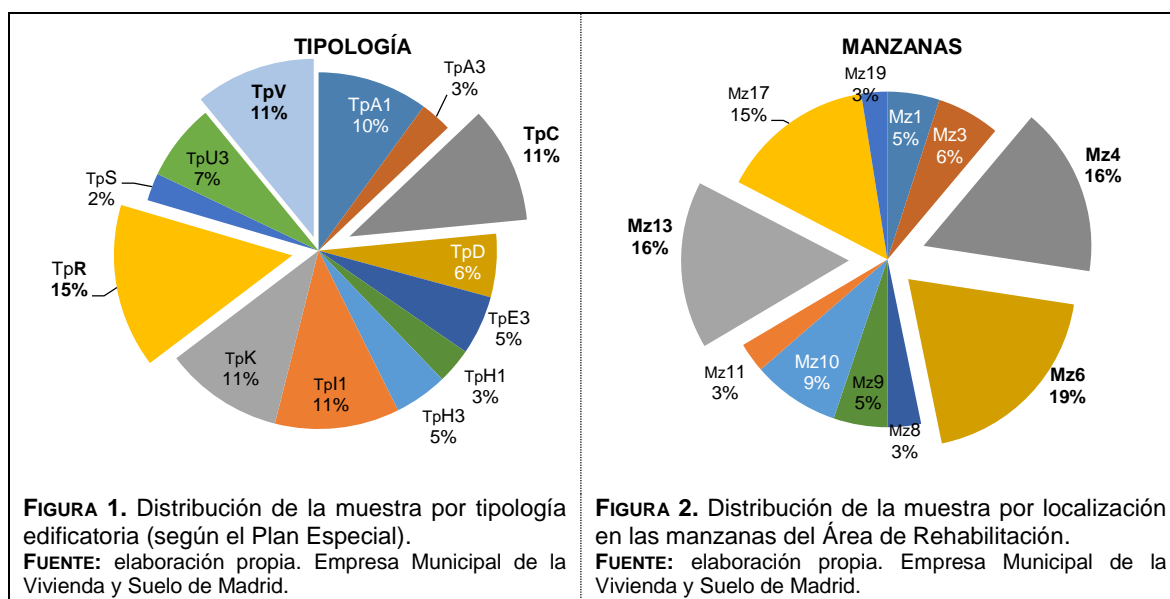
La muestra abarca 39 edificios de diferentes tipologías edificatorias, lo que supone dirigirse inicialmente a aproximadamente 558 viviendas y 19 locales del Área. Las tipologías se corresponden con las recogidas en el Plan Especial, pero al no estar relacionadas con el sistema constructivo, para el estudio se han tomado aquellas tipologías constructivas más habituales o que por su singularidad resultaban más interesantes para analizar. De esta manera, se ha reducido la muestra a 8 edificios englobados en 3 tipologías constructivas en función de las características de la envolvente.

	ENCUESTAS
Edificios muestra	39
Tipologías (Plan Especial)	11
Orientaciones	3
Actuaciones muestra	577
Actuaciones tabuladas	95 (17%)

TABLA 1: Datos generales de la muestra de edificios

FUENTE: Elaboración propia. Empresa Municipal de la Vivienda y Suelo de Madrid.

En esta selección se han tenido en cuenta la representatividad de la tipología entre las actuaciones finalizadas, pero también la orientación y la localización de los edificios. Por otro lado, se han priorizado las manzanas en las que se han llevado a cabo un mayor número de actuaciones, y, junto a ello, las tipologías más corrientes. Esto supone que la selección de edificios coincide con las tipologías más habituales, que son las de edificios con cinco plantas y sin ascensor y los edificios de ocho plantas. En resumen, la muestra planteada contempla la siguiente distribución de viviendas por tipologías edificatorias:



Las certificaciones energéticas se han realizado tomando como método, el simplificado que permite el programa de certificación CEXv2.3. Los resultados obtenidos se basan en los datos reales y conocidos de las envolventes de los edificios, tanto en fachadas como en cubiertas y soleras. Para el cálculo de instalaciones se han tenido en cuenta las condiciones más desfavorables, considerando la producción de ACS y calefacción mediante calderas estándar de gas, antiguas y con un bajo nivel de conservación, así como aparatos eléctricos en los casos conocidos.

Se han empleado, como exige el programa de certificación, las superficies útiles de las estancias habitables, obtenidas de los datos de proyecto y aquellos conocidos por el estudio tipológico realizado por los servicios técnicos de la Empresa Municipal de la Vivienda.

Para las estimaciones de consumo de energía primaria se han tenido en cuenta los consumos en electricidad y gas, al ser las fuentes de energía más habituales en Ciudad de los Ángeles. No hay conocimiento del uso actual de otras fuentes energéticas y no existen en los edificios rehabilitados ninguna instalación de producción centralizada ni de agua caliente sanitaria (ACS), ni de calefacción o frío. De esta manera, se han solicitado a las compañías suministradoras de electricidad y gas que operan en la zona, las facturas correspondientes a los períodos de estudio. Para poder llevar a cabo un estudio comparado, se ha procedido al cálculo de una

estimación por m² empleando para ello las superficies de los espacios habitables de los edificios.

El cuadro que resume las condiciones técnicas de los edificios demostradores se expresa a continuación y recoge aquellos datos que nos ayudan a entender la complejidad de la intervención de rehabilitación, así como los datos de partida para la obtención de los resultados energéticos que se analizarán a continuación.

DEMOSTRADOR	E01	E02	E03	E04	E05	E06	E07	E08
TIPOLOGÍA PLAN ESPECIAL	R	C	D	D	C	C	A3	I1
SISTEMA CONSTRUCTIVO ORIGINAL	SIST 1	SIST 2	SIST 2	SIST 2	SIST 2	SIST 2	SIST 3	SIST 3
ORIENTACIÓN	NS	EO	NS	EO	EO	NS	NS	NS
Nº VIV/PLANTA	6	2	2	2	2	2	2	2
Nº PLANTAS HABITABLES	4	5	8	8	5	5	8	8
Nº TOTAL VIVENDAS	24	10	16	16	10	10	16	16
SUP. CONST VIV. (m ²)	84,00	91,00	88,00	85,00	90,00	90,00	69,00	63,00
SUP. CONST. EDIFICIO (m ²)	2.624,0	958,0	1.540,2	1.520,4	950,3	925,0	1.300,0	1.066,0
SUP. HABITABLE EDIFICIO (m ²)	2.287,3	862,20	1.163,2	1.163,2	855,3	832,50	1.065,0	959,4
AÑO CONSTRUCCIÓN	1965	1964	1963	1962	1963	1963	1960	1960
AÑO REHABILITACIÓN	2013	2014	2014	2013	2011	2013	2011	2012

TABLA 2: Características sobre los edificios analizados en función de las tipologías edificatorias

FUENTE: elaboración propia. Empresa Municipal de la Vivienda y Suelo de Madrid.

3. Desarrollo

Como hemos indicado más arriba, la rehabilitación de Ciudad de los Ángeles ha supuesto la interacción de diferentes agentes con un grado de implicación en función de su papel en el proceso, pero cuya actividad ha resultado imprescindible para poder llevar a cabo las premisas con las que se comenzó, en el año 2006, el Área de Rehabilitación Integral. El papel jugado por cada uno de los agentes, ha permitido completar una rehabilitación desde diferentes aspectos y que han tenido la eficiencia energética como uno de los principales objetivos, siendo un factor relevante a la hora de determinar tanto el proceso como los presupuestos de ejecución.

Desde el año 2006 se han rehabilitado más de 1.400 viviendas en Ciudad de los Ángeles, además de la remodelación de las infraestructuras y entornos urbanos de más de la mitad de la superficie total del ámbito del Área de Rehabilitación. Este esfuerzo de inversión —tanto pública como privada— ha supuesto una mejora de la habitabilidad general del barrio y, naturalmente, de aquellos edificios que han sido rehabilitados. La cantidad de viviendas rehabilitadas alcanza en torno al 20% del total del ámbito, lo que sugiere la necesidad de verificar las soluciones elegidas para la mejora de la habitabilidad, especialmente en lo referente a la mejora térmica de las envolventes. Según los datos del IDAE recogidos en la encuesta realizada en el proyecto SPAHOUSEC del año 2011, el consumo energético que correspondería al rendimiento de la envolvente de los edificios correspondería con el 73% del consumo energético de los hogares españoles. Por sí solos, estos datos nos obligarían a pensar

en la intervención sobre las envolventes para reducir el consumo anual de energía en los hogares.

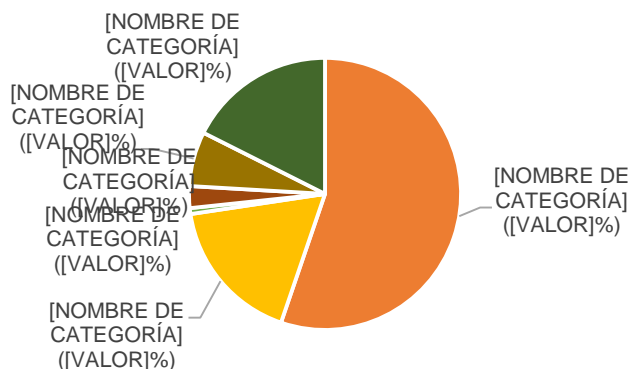


GRÁFICO 1: Distribución del gasto de energía en los hogares españoles (Zona climática continental)

FUENTE: Proyecto SPAHOUSEC. Instituto para la diversificación y el ahorro de la energía (IDAE).

Estos datos se corresponden con los analizados por diferentes equipos, entre ellos el compuesto por Margarita Luxán, Gloria Gómez y Emilia Román¹, para los que las características climáticas de nuestra región, así como los modelos derivados para los próximos 25 años, nos indican la importancia de adoptar medidas pasivas en las envolventes de los edificios. Este tipo de intervenciones obtienen óptimos resultados en el presente y se presentan como soluciones eficientes por cuanto requieren de una mínima intervención sobre los edificios y la incorporación de energía al sistema del edificio es mínima, al menos en relación con la que significaría el cambio de instalaciones o el derribo del edificio.

Si nos fijamos en la tipología de la edificación y hacemos una extrapolación de datos de demanda de energía en función de los datos obtenidos en las certificaciones energéticas para edificios de la misma tipología, nos encontramos con que el consumo total que se producía en los edificios de Ciudad de los Ángeles antes de ser rehabilitados nos confirman el alto consumo energético que se producía en términos absolutos, cuyos datos están en consonancia con los resultados obtenidos de la encuesta SPAHOUSE del IDAE en el año 2011.

¹ Luxán García de Diego, M. d, Gómez Muñoz, G., Román López, E. (2015). Cuentas energéticas no habituales en edificación residencial. *Informes de la Construcción*, 67 (EXTRA-1): mo28, doi: <http://dx.doi.org/10.3989/ic.14.059>

SIST.	Nº EDIFICIOS	Nº VIV/EDIFICIO	TOTAL VIV.	SUP. CONST. / EDIFICIO	SUP. CONST. TIPOLOGÍA	ENERGÍA PRIMARIA	ENERG. PRIMARIA EDIFICIO	ENERG. PRIMARIA TIPOLOGÍA	ENERGÍA PRIMARIA POR HOGAR	CONSUMO	CONSUMO TIPOLOGÍA	CONSUMO MEDIO POR HOGAR
				m ²	m ²	(kWh/m ²)	(tep)	(tep)	(tep)	(kWh/m ²)	(tep)	(tep)
SIST. 1	7	10	70	2.316,50	16.215,50	188,60	37,57	262,96	3,76	178,74	249,21	3,56
SIST. 2	34	50	364	4.564,68	31.920,03	292,74	115,67	778,46	9,08	91,88	245,68	2,85
SIST. 3	41	58	512	4.512,56	40.405,44	329,42	130,96	1.069,88	8,80	76,35	264,02	2,03
TOTALES	82	118	946	11.393,74	88.540,97	297,47	284,20	2.111,29	2,40	94,63	758,92	0,94

TABLA 3: Demanda y consumo de energía según sistemas constructivos de la muestra, previo a la rehabilitación de los edificios

FUENTE: elaboración propia. Empresa Municipal de la Vivienda y Suelo de Madrid.

La referencia que debemos tomar es la del consumo medio por edificio, que el IDAE, según la encuesta realizada, cifra en **0,649 tep** por hogar. Es obvio que los datos extrapolados nos referencian el alto consumo producido por los sistemas constructivos de Ciudad de los Ángeles, muy por encima del consumo medio de los hogares españoles. Por ello, estos resultados nos avanzan la relevancia de intervenir sobre la envolvente del edificio, priorizando las actuaciones conducentes al aislamiento de las partes ciegas y a la mejora de los huecos, bien mediante la duplicidad de carpinterías, bien por la sustitución de las existentes.

Para verificar estas soluciones adoptadas, se puede recurrir a aspectos fácilmente mensurables a través de indicadores como la resistencia térmica, la transmitancia o la demanda de energía, cuyos datos deben ser recogidos de manera sistemática para garantizar una adecuada explotación posterior. Por ello se ha solicitado a las compañías suministradoras de energía los consumos relativos a dos periodos concretos: antes de iniciarse las obras de rehabilitación y después de concluidas las obras. Cada uno de los períodos abarca un ciclo meteorológico completo, con el objetivo de conocer el comportamiento térmico de la edificación fundamentalmente en los momentos extremos de frío y calor.

Este estudio complementa otros, de diferentes características, realizados también sobre edificios de Ciudad de los Ángeles, añadiendo la valoración del consumo real realizado. Así, el estudio de referencia sobre el que nos apoyamos es el llevado a cabo para la EMVS, por el equipo ABIO² de la Universidad Politécnica de Madrid, y cuyos resultados preliminares sobre las transmitancias en varios sistemas constructivos, han sido ya publicados³.

² El grupo de investigación ABIO, "Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible, depende del Departamento de Construcción de la Escuela de Arquitectura de Madrid, de la Universidad Politécnica de Madrid.

³ Cuerda E., Pérez, M., Neila, J. (2014). Facade typologies as a tool for selecting refurbishment measures for the Spanish residential building stock. *Energy and Buildings*, 76. pp 119-129. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.02.054>

Al igual que hace el estudio dirigido por Javier Neila, hemos desistido de utilizar una referencia de las envolventes por componentes, para lo cual se han determinado sistemas constructivos completos, por cuanto es el conjunto de elementos que intervienen en la envolvente los que la dotan de sus características, y además porque de esta manera podemos extrapolar datos y hacer una comparación más explícita con la encuesta de percepción que hemos llevado a cabo a lo largo de 2015.

	SIST.1	SIST.2	SIST. 3
	E01	E02, E03, E04, E05, E06	E07, E08
CERRAMIENTO	1/2 Pie de ladrillo visto + cámara aire + Ladrillo sencillo + Enlucido	Monocapa exterior + 1/2 pie de ladrillo + cámara de aire + ladrillo sencillo + enlucido	Monocapa exterior + 25cm hormigón en masa
AISLAMIENTO	Sin Aislamiento	Sin aislamiento	Sin aislamiento
HUECOS	Carpintería aluminio sin rotura de puente térmico. Vidrios sencillo	Carpintería aluminio sin rotura de puente térmico. Vidrios sencillo	Carpintería aluminio sin rotura de puente térmico. Vidrios sencillo
CUBIERTA	Tablero cerámico sobre tabiques palomeros. Baja ventilación. Acabado en teja cerámica	Catalana ventilada Tablero cerámico sobre palomeros. Acabado cerámico	Catalana ventilada Tablero cerámico sobre palomeros. Acabado cerámico
CEE (Consumo Energía)	E (188,60 kWh/m ² año)	F (274,83 kWh/m ² año)	G (346,17 kWh/m ² año)

TABLA 4: Sistemas constructivos en función del tipo de la envolvente del edificio.

FUENTE: elaboración propia. Empresa Municipal de la Vivienda y Suelo de Madrid.

Según los datos facilitados en el estudio de Abio, ninguno de estos sistemas constructivos cumpliría la actual normativa CTE2013, puesto que todos ellos fueron construidos en un periodo en el que no existía normativa alguna en cuanto a condiciones térmicas de los edificios. Este dato lo comprobamos, si nos fijamos en los datos de consumo medio de la energía que se recoge en la Tabla 3, que alejan a estos sistemas constructivos de los consumos medios de los hogares españoles.

Una vez establecidos los sistemas constructivos originales, hemos introducido los cambios que se han llevado a cabo en la envolvente, tras la rehabilitación. Los más significativos consisten en la instalación, por el exterior, de aislamientos de EPS de 6 centímetros y densidades de 20 kg/m³. A la hora de determinar los sistemas constructivos, también se ha tenido en cuenta la solución adoptada en la cubierta y que depende, fundamentalmente, del carácter de uso de la misma.

	SIST. 1a	SIST.2a	SIST. 2b	SIST. 3a
	E01	E03, E04	E02, E05, E06	E07, E08
CERRAMIENTO	SATE 6cm + 1/2 Pie de ladrillo visto + cámara aire + Ladrillo sencillo + Enlucido	SATE 6cm + 1/2 pie de ladrillo + cámara de aire + ladrillo sencillo + enlucido	SATE 6cm + 1/2 pie de ladrillo + cámara de aire + ladrillo sencillo + enlucido	SATE 6cm + 25cm hormigón en masa
AISLAMIENTO	EPS 6cm	EPS 6cm	EPS 6cm	EPS 6cm
HUECOS	Doble ventana carpintería aluminio sin rotura de puente térmico. Vidrio doble	Doble ventana carpintería aluminio sin rotura de puente térmico. Vidrio doble. Protecciones solares	Doble ventana carpintería aluminio sin rotura de puente térmico. Vidrio doble bajo emisivo	Doble ventana carpintería aluminio sin rotura de puente térmico. Vidrio doble. Protecciones solares

	SIST. 1a	SIST.2a	SIST. 2b	SIST. 3a
	E01	E03, E04	E02, E05, E06	E07, E08
CUBIERTA	Panel sandwich. Aislamiento mineral 4cm. Tablero cerámico sobre tabiques palomeros. Baja ventilación.	Losa filtrón. Asilamiento XPS 6cm. Tablero cerámico sobre palomeros.	Losa filtrón. Asilamiento XPS 6cm Tablero cerámico sobre palomeros.	Catalana ventilada Tablero cerámico sobre palomeros. Acabado cerámico
CEE (Consumo Energía)	E (140,80 kWh/m ² año)	D (92,46 kWh/m ² año)	E (136,57 kWh/m ² año)	E (148,28 kWh/m ² año)

TABLA 5: Sistemas constructivos en función del tipo de la envolvente del edificio. Edificios rehabilitados
FUENTE: elaboración propia. Empresa Municipal de la Vivienda y Suelo de Madrid.

Una vez establecidos los sistemas constructivos, se ha procedido a determinar la calificación energética de los edificios demostradores, a partir de la cual se ha realizado la extrapolación de datos al conjunto de las tipologías estudiadas. De esta manera, los datos obtenidos mediante el programa de certificación CEXv2.3, son los siguientes:

SIST. CONSTRUCT.	PERIODO de ESTUDIO		EMISIONES kgCO ₂ /m ² año	DEMANDA kWh/m ² año	FACTURACIÓN kWh/m ² año
SIST1.01	ene-10	dic-10	77,90	188,60	178,74
SIST2.02	may-10	abr-11	59,76	291,42	100,20
SIST2.03	feb-12	ene-13	60,48	294,51	98,69
SIST2.04	oct-10	sep-11	60,48	294,51	102,17
SIST2.05	ene-10	dic-10	59,76	291,42	85,07
SIST2.06	mar-11	feb-12	56,50	202,30	117,62
SIST3.07	mar-10	mar-10	68,97	309,65	53,52
SIST3.08	jul-10	jun-11	78,38	382,69	99,19
			522,23	2.255,10	835,20

TABLA 6: Resultados energéticos en función del tipo de la envolvente del edificio. Edificios sin rehabilitar.
FUENTE: elaboración propia. Empresa Municipal de la Vivienda y Suelo de Madrid.

4. Resultados

Para obtener algunas conclusiones hemos relacionado los sistemas constructivos con los datos de demanda y consumo de energía. De esta manera, resulta que los sistemas que mejores resultados obtienen son aquellos cuya envolvente original fue realizada con hormigón en masa y revoco exterior. Sin embargo, las mejoras introducidas en cuanto a aislamiento y carpinterías de huecos, nos indican que son las fábricas de ladrillo las que mejores resultados obtienen en la rehabilitación, especialmente aquellas que incorporan elementos de sombra en los huecos, cuyas reducciones de consumo energético son mayores.

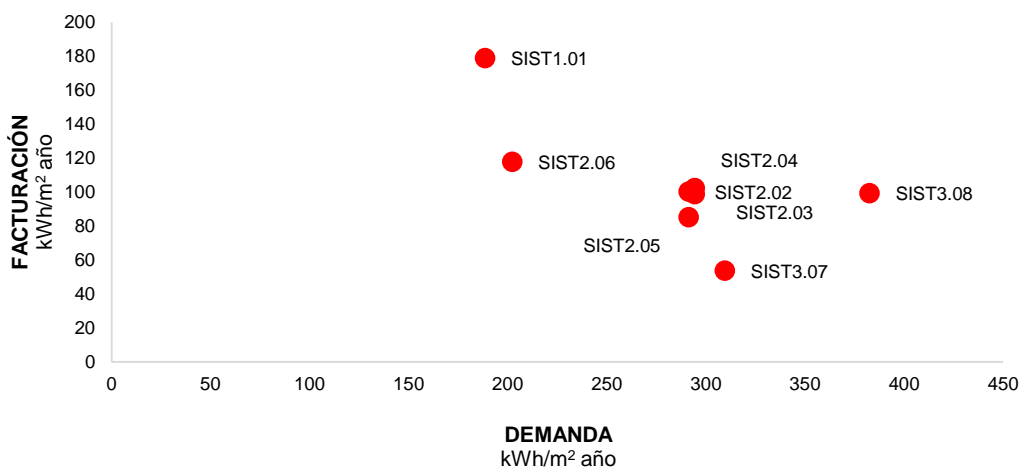


GRÁFICO 2: Relación demanda y consumo de los sistemas constructivos estudiados. Edificios en su estado original

FUENTE: elaboración propia. Empresa Municipal de la Vivienda y Suelo de Madrid.

Una vez introducidas las mejoras, podemos apreciar una mayor concentración de los sistemas constructivos en valores relativos de consumo y demanda, lo que nos indica la relevancia de las mejoras en la envolvente a la hora de valorar la eficiencia energética de los edificios estudiados. Es significativo el peso que parecen tener los sistemas de sombreado de los huecos, pues éstos determinan una mayor eficiencia de los sistemas valorados:

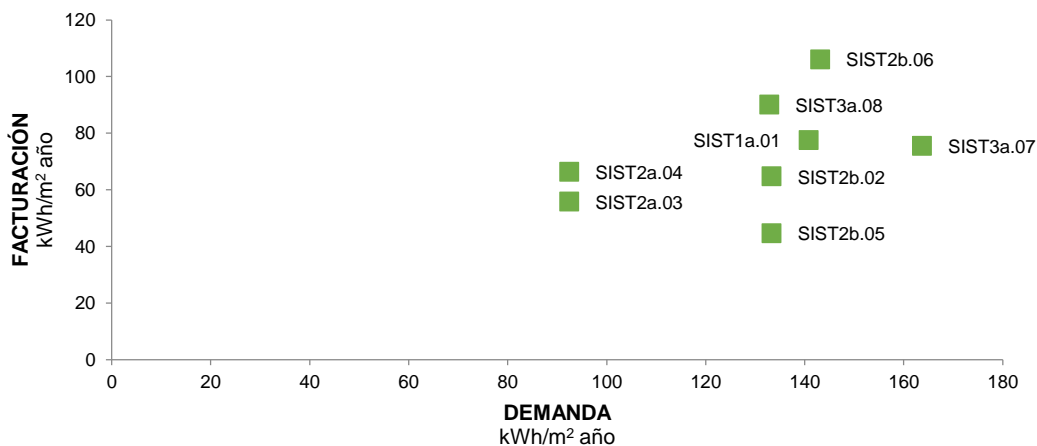


GRÁFICO 3: Relación demanda y consumo de los sistemas constructivos estudiados. Edificios rehabilitados

FUENTE: elaboración propia. Empresa Municipal de la Vivienda y Suelo de Madrid.

En cuanto a los valores absolutos, obtenemos unos resultados significativamente diferentes a los obtenidos en el estado original del edificio, pero nos resulta especialmente interesante conocer los aspectos cuantitativos que determinaremos con la encuesta de percepción realizada en el año 2015.

SIST. CONSTRUCT.	PERIODO de ESTUDIO		EMISIONES kgCO ₂ /m ² año	DEMANDA kWh/m ² año	FACTURACIÓN kWh/m ² año
SIST1a.01	jul-13	jul-14	57,80	140,80	77,45
SIST2b.02	mar-14	abr-15	27,52	133,30	64,66
SIST2a.03	mar-14	mar-15	19,30	92,46	55,79
SIST2a.04	abr-13	mar-14	19,30	92,46	66,33
SIST2b.05	oct-11	sep-12	27,52	133,30	44,56
SIST2b.06	jun-13	may-14	40,30	143,10	106,05
SIST3a.07	mar-11	feb-12	36,12	163,71	75,40
SIST3a.08	jun-12	may-13	27,49	132,84	90,10
			255,35	1.031,97	580,32

TABLA 7: Resultados energéticos en función del tipo de la envolvente del edificio. Edificios sin rehabilitar.
FUENTE: elaboración propia. Empresa Municipal de la Vivienda y Suelo de Madrid.

Como decimos, al incorporar los datos obtenidos de la encuesta de percepción, es posible realizar una comparativa de los resultados cuantitativos obtenidos y los resultados cualitativos en cuanto a la percepción del confort de las viviendas. Es evidente que el estado inicial del edificio ha determinado en gran medida la decisión de rehabilitar el mismo, pero nos resulta curioso que haya sido el ahorro de energía uno de los factores determinantes que las comunidades de vecinos han valorado a la hora de proceder a la rehabilitación de los edificios.

Como decíamos más arriba, la decisión de rehabilitación queda condicionada por múltiples factores, como la posición del individuo encuestado en el proceso de rehabilitación, pero también por las características de origen del edificio o el hecho de haber sido renovado el espacio urbano previamente. Ambos aspectos son relevantes para dar explicación a algunos aspectos, como el hecho de que la mayor concentración de edificios rehabilitados se haya dado en la Manzana 4 o que la tipología más rehabilitada coincida con un sistema constructivo mal resuelto en origen o edificios sin ascensor. En función de estos datos, es posible hacernos una idea de las causas más probables que han motivado a hacer posible la rehabilitación de los edificios.

CONDICIONANTES DE LA DECISIÓN DE REHABILITAR

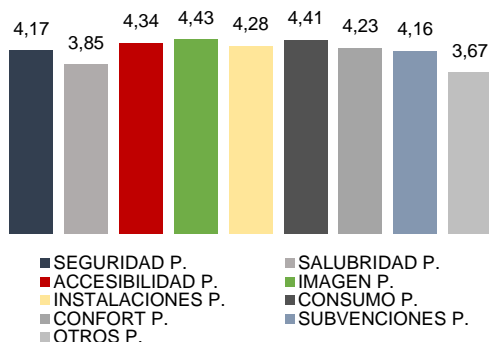


GRÁFICO 4: Consideración de la decisión de iniciar la rehabilitación del edificio
FUENTE: elaboración propia. Empresa Municipal de la Vivienda y Suelo de Madrid.

Resulta significativo que la principal motivación para iniciar la rehabilitación haya sido el mejorar la imagen global del edificio, mientras que aspectos fundamentales como la seguridad estructural del edificio hayan sido peor valorados a la hora de rehabilitar. Sin embargo, destaca que los criterios de ahorro energético están entre los más determinantes a la hora de decidir una rehabilitación, seguidos de la accesibilidad y la renovación de las instalaciones generales del edificio, fundamentalmente debido a los problemas y molestias causadas por la antigüedad de las instalaciones y a los requerimientos de las compañías suministradoras.

Junto a la accesibilidad, la rehabilitación que se está llevando a cabo ha tenido en cuenta las necesidades de ahorro de energía y de mejora del comportamiento térmico de la envolvente. Encuestados por la efectividad de algunas medidas adoptadas en los edificios para reducir el consumo de energía primaria y aumentar el confort de las viviendas, éstas obtienen una alta valoración por los encuestados. Como decimos, este análisis nos permite valorar la percepción del confort de los ocupantes de viviendas y locales, así como la percepción del ahorro energético producido para enfriar o calentar las estancias de la vivienda:

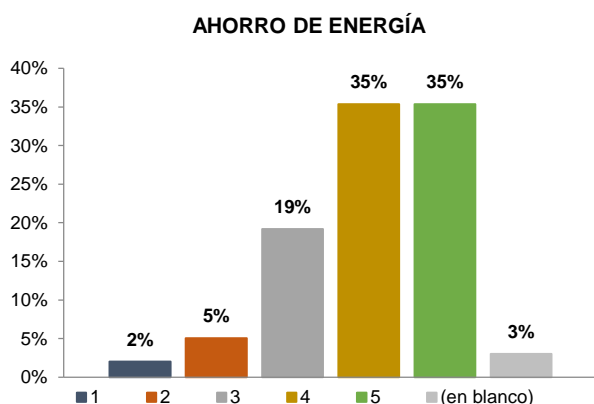


GRÁFICO 5: Valoración del ahorro de energía producido tras la rehabilitación.

FUENTE: elaboración propia. Empresa Municipal de la Vivienda y Suelo de Madrid.

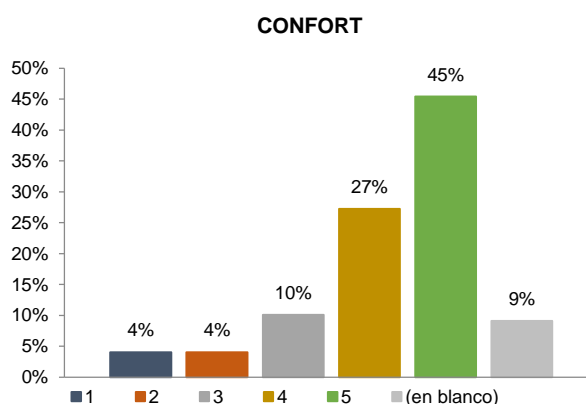


GRÁFICO 6: Valoración acerca de la percepción de confort existente tras la rehabilitación

FUENTE: elaboración propia. Empresa Municipal de la Vivienda y Suelo de Madrid.

En general, las medidas de ahorro energético que se han emprendido en el área de Ciudad de los Ángeles tienen una receptividad muy alta entre los encuestados. Todas las medidas reciben una valoración superior a 4, salvo la instalación de parasoles, cuya incidencia es más difícil de apreciar que el resto. A pesar de ello, el promedio de valoración general entre los encuestados está próximo a un valor de 4, reduciéndose ligeramente en el caso de aquellos cuyo edificio no tiene ascensor previo. Estos datos, puestos en relación con los obtenidos anteriormente sobre accesibilidad, ponen en valor la rehabilitación energética llevada a cabo, puesto que la percepción de mejora es similar a la producida por la eliminación de barreras arquitectónicas, incluso en aquellos encuestados que también han procedido a instalar ascensores.

Respecto del porcentaje de respuestas obtenidas por cada uno de los valores, debemos resaltar que más del 70% de los encuestados consideran como muy elevado los niveles de ahorro y confort recibidos, llegando a cerca del 90% las respuestas superiores a la media, lo que pone de relieve el alto nivel de aceptación de las medidas adoptadas en la rehabilitación energética de Ciudad de los Ángeles.

5. Conclusiones

Aunque el estudio realizado requeriría de un análisis más detallado, podemos ir obteniendo alguna conclusión general que nos habla de la importante reducción de consumo de energía que supone la modificación de las envolventes de los edificios. Estos resultados, al combinar los datos teóricos, con lo empíricos, nos dan una validez mayor y nos permiten evaluar los resultados en función de múltiples parámetros que complejizan los resultados obtenidos.

Tal y como realizábamos al inicio del estudio, el resumen de los consumos extrapolados a los sistemas constructivos estudiados nos dan unos resultados absolutos muy significativos, mejorando respecto de los datos que el IDAE aporta acerca del consumo medio en los hogares españoles:

SIST.	Nº EDIFICIOS	Nº VIV/EDIFICIO	TOTAL VIV.	SUP. CONST. / EDIFICIO	SUP. CONST. TIPOLOGÍA	ENERGÍA PRIMARIA	ENERG. PRIMARIA EDIFICIO	ENERG. PRIMARIA TIPOLOGÍA	ENERGÍA PRIMARIA POR HOGAR	CONSUMO	CONSUMO TIPOLOGÍA	CONSUMO MEDIO POR HOGAR
				m ²	m ²	(kWh/m ²)	(tep)	(tep)	(tep)	(kWh/m ²)	(tep)	(tep)
SIST. 1	7	10	70	2.316,50	16.215,50	140,80	28,04	196,31	2,80	77,45	0,11	1,54
SIST. 2	34	50	364	4.564,68	31.920,03	528,22	48,09	404,10	4,00	200,70	132,36	1,56
SIST. 3	41	58	512	4.512,56	40.405,44	525,90	52,49	416,11	3,53	330,99	0,29	2,21
TOTALES	82	118	946	11.393,74	88.540,97	1.194,92	128,62	1.016,53	1,15	609,14	132,75	0,59

TABLA 8: Demanda y consumo de energía según sistemas constructivos de la muestra. Edificios rehabilitados.

FUENTE: elaboración propia. Empresa Municipal de la Vivienda y Suelo de Madrid.

Volvemos a recurrir a la valoración de cada uno de los sistemas estudiados, en función del edificio demostrador analizado:

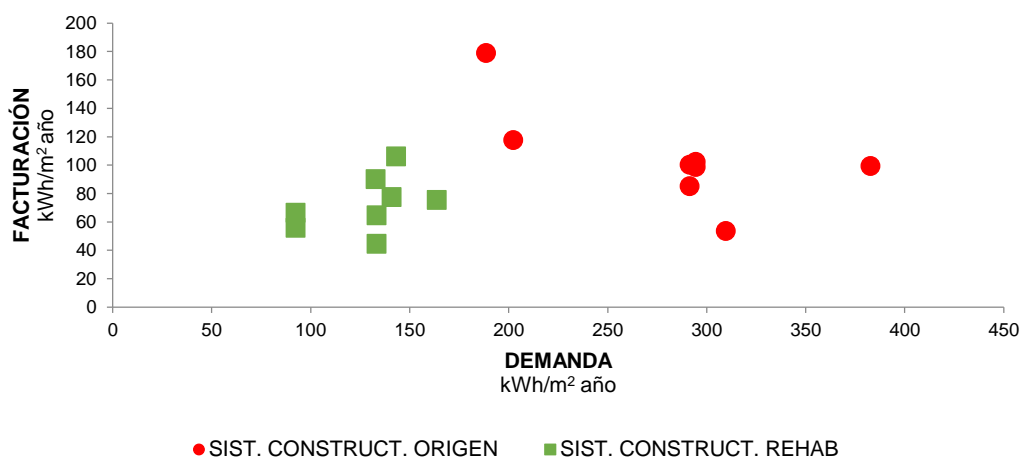


GRÁFICO 7: Comparativa de los resultados energéticos de los sistemas en origen y rehabilitados.

FUENTE: elaboración propia. Empresa Municipal de la Vivienda y Suelo de Madrid.

Indudablemente, la mayor concentración de sistemas constructivos en una franja de datos más estrecha, medida en función de la demanda y el consumo real de cada sistema, es relevante a la hora de adoptar medidas sobre las envolventes. Los resultados obtenidos animan a continuar por el camino del aislamiento de la envolvente y de intervenir sobre las carpinterías de los huecos, pues con ello se están obteniendo reducciones significativas en las dos variables consideradas.

Lejos de ser unas medidas no comprensivas, los habitantes de Ciudad de los Ángeles, no solo demuestran un elevado grado de conocimiento de las medidas adoptadas, sino que además su valoración es alta en función de la experiencia propia, es decir, en función de la percepción que tienen de la mejora del confort en sus viviendas. Estos datos perceptivos podrían estar relacionados con los datos cuantitativos obtenidos, cuyo resumen se refleja, a modo de resumen final, en la tabla siguiente.

SIST. CONSTRUCT.	DIFERENCIAS OBTENIDAS					
	EMISIONES kgCO ₂ /m ² año	d (%)	DEMANDA kWh/m ² año	d (%)	FACT. kWh/m ² año	d (%)
SIST1a.01	-20,10	-26%	-47,80	-25%	-101,29	-57%
SIST2b.02	-32,24	-54%	-158,12	-54%	-35,55	-35%
SIST2a.03	-41,18	-68%	-202,05	-69%	-42,90	-43%
SIST2a.04	-41,18	-68%	-202,05	-69%	-35,84	-35%
SIST2b.05	-32,24	-54%	-158,12	-54%	-40,51	-48%
SIST2b.06	-16,20	-29%	-59,20	-29%	-11,57	-10%
SIST3a.07	-32,85	-48%	-145,94	-47%	21,88	41%
SIST3a.08	-50,89	-65%	-249,85	-65%	-9,10	-9%
	-266,88	-51%	-1.223,13	-54%	-254,87	-31%

TABLA 9: Resultados energéticos obtenidos.

FUENTE: elaboración propia. Empresa Municipal de la Vivienda y Suelo de Madrid.